



HESSEN



EPLR

2014-2020



JUSTUS-LIEBIG-



HESSEN



Landesbetrieb
Landwirtschaft
Hessen



Kornsorghum für Hessen

Abschlussbericht

Natalja Kravcov, Steffen Windpassinger, Cecilia Hüppe

03/2024



Europäischer Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa
in die ländlichen Gebiete.

HESSEN



EPLR

2014-2020

Hessen nimmt an der
Europäischen Innovations-
partnerschaft (EIP) teil.



Impressum

Hauptverantwortlicher der OG

Professur für Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität Gießen
Ansprechpartner: Dr. Steffen Windpassinger
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641-9937421
E-Mail: steffen.m.windpassinger@agrار.uni-giessen.de

Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- ELER-Verwaltungsbehörde -
Referat VII 6
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
E-Mail: eler@umwelt.hessen.de
Internet: www.eler.hessen.de

Bildnachweise:

Alle Bilder sind eigene Aufnahmen von Steffen Windpassinger

Inhalt

1	Vorhabenplanung.....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens.....	3
1.3	Arbeitsplan	4
2	Verlauf des Vorhabens	10
3	Ergebnisse und Zielerreichung	12
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens.....	12
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen EIP-Zielen	33
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens.....	36
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung.....	36
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	36
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse	36
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	37
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)	38
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit.....	38
5.2	Mehrwert des Formats einer OG	38
5.3	Weitere Zusammenarbeit	39
6	Verwendung der Zuwendung.....	39
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	39
8	Literaturverzeichnis.....	41

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- Abb. 1: Sorghum-Praxisanbau auf dem Betrieb Ries in Südhessen (vorne: kommerzielle Sorte aus Frankreich, hinten JLU-Testhybride).....S. 13*
- Abb. 2: Streifenanbau am Betrieb Rechel in Südhessen (bei Alsbach, Bergstraße) am 19.08.2022. Der Bestand ist kurz vor Druschreife, die unterschiedlichen Sorten bzw. Streifen an ihrer Kornfarbe klar unterscheidbar.....S. 14*
- Abb. 3: Kornsorghum-Versuchsanbau bei Betrieb Dietz, Wetterau (Nähe Bad Nauheim) am 17.08.2022.....S. 15*
- Abb. 4: Anbauversuch beim Betrieb Ries in Südhessen (nähe Münster) 2022. Während in großen Teilen des Feldes aufgrund von Trockenheit, verschärft durch wasserundurchlässige Bodenschichten und Unkrautdruck, der Sorghum gar nicht in die generative Entwicklung kam, ist im Hintergrund am Feldrand aufgrund besserer Wasserverfügbarkeit eine „normale“ Entwicklung zu sehen.....S. 16*
- Abb. 5: Leistungsprüfung verschiedener Kornsorghum Sorten und –Zuchtstämme am Standort Groß-Gerau in 2021.....S. 18*
- Abb. 6: Ergebnisse einer Leistungsprüfung zur Selektion neuer Testhybriden aus Groß-Gerau 2021. Blaue Punkte: JLU-Testhybriden; rote Punkte: Vergleichssorten. Testhybriden oberhalb rechts der Linie zeigen hinsichtlich Ertrag und/oder Korn-Trockensubstanzgehalt eine bessere Leistung als die Vergleichssorten und wurden selektiert.....S. 19*
- Abb. 7: Ergebnisse einer Leistungsprüfung mit Kornsorghum-Testhybriden aus Groß-Gerau 2022. Blaue Punkte: JLU-Testhybriden; rote Punkte: Vergleichssorten. Testhybriden oberhalb rechts der Linie zeigen hinsichtlich Ertrag und/oder Korn-Trockensubstanzgehalt eine bessere Leistung als die Vergleichssorten.....S. 20*
- Abb. 8: Ansicht der Kornsorghum-Leistungsprüfung in Groß-Gerau am 2. September 2022. Aufgrund der starken Trockenheit sind zur physiologischen Kornreife bereits Absterbe-Erscheinungen der Restpflanzen zu beobachten, was ein für Mitteleuropa eher ungewöhnliches Phänomen darstellt...S. 20.*
- Abb. 9: Ansicht der Leistungsprüfung in Schwarzenau/Unterfranken am 21. September 2022. Dank des tiefgründigen Löss trat kein Trockenstress auf, und die Restpflanzen blieben bis zum Ende grün.....S. 21*
- Abb. 10: Teilansicht des Sorghum-Zuchtgartens in Groß-Gerau 2022. Die Tüten über den Rispen dienen der Erzeugung von sog. „Selbstungen“, in denen eine Fremdbestäubung durch Pollen der Nachbarpflanzen ausgeschlossen und somit die Zuchtlinien sortenrein erhalten werden können. Diese Selbstungen werden zur Reife per Hand geerntet und ausgedroschen.....S. 22*
- Abb. 11: Feldversuch zur Kältetoleranz unterschiedlicher Sorghum-Zuchtstämme in Groß-Gerau, Ende April 2021. V.l.n.r. semi-toleranter Genotyp, toleranter Genotyp, sensitiver Genotyp gegenüber kalten Temperaturen bei früher Aussaat.....S. 23*
- Abb. 12 oben: Anzucht der Genotypen für den Frostversuch im Gewächshaus unter warmen Bedingungen; unten links: Zählung der überlebenden Pflanzen nach dem Frost, unten rechts: Bonitur der Schäden an den Pflanzen nach dem Frostereignis.....S. 23*

Abb. 13: Darstellung der Marker-Merkmal-Assoziationen ("Manhattan-Plot") einer genomweiten Assoziationsstudie (GWAS) für das Merkmal Überlebensrate nach kurzen Frostereignissen. Auf der x-Achse sind die zehn Sorghum-Chromosomen und auf der y-Achse der negative dekadische Logarithmus der p-Werte dargestellt. Einzelne Punkte stellen hierbei genetische Marker dar. Je höher die Punkte liegen, desto stärker sind die entsprechenden Marker mit dem Merkmal assoziiert. Der Schwellenwert für Signifikanz ($p < 0.001$) wird durch die blaue Linie angezeigt. Die mit dem Merkmal Frosttoleranz assoziierten Regionen befinden sich auf den Chromosomen Sb02 und Sb07..... **S. 24**

Abb. 14: Qualitativer Tannin-Nachweis in Sorghumkörnern mittels Bleichtest („Bleachttest“). Eine dunkle Verfärbung nach Behandlung mit Natriumhypochlorit zeigt vorhandene Tannine an..... **S. 25**

Abb. 15: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Tanningehalt beim intakten Sorghumkorn..... **S. 25**

Abb. 16: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Stärkegehalt beim intakten Sorghumkorn..... **S. 26**

Abb. 17: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Stickstoffgehalt beim Sorghummehl. Bei einem intakten Korn lag die Vorhersagegenauigkeit etwas niedriger ($R^2 = 0,853$)..... **S. 26**

Abb. 18: Bestandesführungsversuch 2021 des LLH am Standort Griesheim..... **S. 28**

Abb. 19: Mittlerer Kornertrag (86% TS) der jeweiligen Einzelversuche bei unterschiedlichen Saattechniken und Sorten. EK 75 cm = Einzelkornsaat 75 cm Reihenabstand, EK 37,5 cm = Einzelkornsaat 37,5 cm Reihenabstand, DS 12,5 cm = Drillsaat 12,5 cm Reihenabstand. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Saattechniken-Sortenkombinationen ($p < 0,05$) innerhalb eines Versuchs (= Ort und Jahr) an..... **S. 29**

Tabelle 1: Übersicht der pflanzenbaulichen Exaktversuche des LLH im EIP Kornsorghum..... **S. 27**

Tabelle 1: Mittelwert und Streumaße des Kornertrags (86% TS) nach Düngungsstufen des N-Düngungsversuch Friedberg 2022. N=Stichprobenanzahl, MW=Mittelwert, StdAbw=Standardabweichung, IQA=Interquartilsabstand, Min=Minimum, Med=Median, Max=Maximum..... **S. 31**

Zusammenfassung / Abstract

Kurze Zusammenfassung des Vorhabens und der wesentlichen Ergebnisse in Form eines Abstracts in deutscher und in englischer Sprache, Umfang: jeweils eine halbe Seite (max. 200 Wörter)

Zusammenfassung

Die Anpassung an den Klimawandel und Steigerung der Biodiversität erfordert die Etablierung neuer, robuster Kulturpflanzen in der heimischen Landwirtschaft. Kornsorghum (*Sorghum bicolor*) ist eine trockentolerante, vielseitig verwendbare Kulturpflanze mit zahlreichen agrarökologischen Vorteilen, die für Landwirte eine Risikoabsicherung bei Trockenheit darstellen und den Aufbau neuer regionaler Wertschöpfungsketten ermöglichen kann. Aktuell gibt es allerdings noch keine gezielt für Hessen oder vergleichbare agrarökologische Regionen in Deutschland gezüchteten Sorten. Ferner sind hinsichtlich wichtiger pflanzenbaulicher Aspekte noch keine lokalen Empfehlungen verfügbar.

Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Vorhabens *SorgEnloS* einerseits, stress-tolerantes und lokal-adaptiertes Kornsorghum-Zuchtmaterial zu entwickeln. Ferner wurden multi-faktorielle pflanzenbauliche Versuche zur Untersuchung verschiedener N-Düngungsstufen, Reihenabstände, Saatedichten und Aussaattechniken durchgeführt. Gleichzeitige *on-farm* Anbau- und Sortenversuche mit kommerziell verfügbaren Sorghumsorten aus dem europäischen Ausland und Testhybriden aus dem JLU-Zuchtprogramm bei landwirtschaftlichen Praxisbetrieben bildeten einen weiteren Schwerpunkt.

Die Projektpartner sind sowohl Institutionen aus Pflanzenzüchtung (JLU Gießen) und Pflanzenbau (LLH), als auch landwirtschaftliche Praxisbetriebe. Dieser interdisziplinäre und partizipative Ansatz hat Synergie-Effekte ermöglicht, wie z. B. eine direkte Bewertung der JLU-Testhybriden auf Praxistauglichkeit durch Landwirte.

Abstract

To adapt to climate change and increase biodiversity, it is necessary to establish new, robust crops in local agriculture. Grain sorghum (*Sorghum bicolor*) is a drought-tolerant, multi-use crop with numerous agro-ecological advantages, which can also represent a risk protection for farmers during drought conditions and enable the establishment of new regional value chains. At present, however, no locally adapted varieties to Hesse or comparable agro ecological regions in Germany are available. Further, there is a lack of information regarding the optimal agronomical practices under local conditions.

Therefore, the aim of the project *SorgEnloS* has been to develop stress-tolerant and locally adapted grain sorghum breeding material. Further, multi-factorial agronomical trials regarding different levels of N-fertilization, row spacing, sowing densities– and techniques have been conducted. Simultaneous on-farm variety trials, including both commercial grain sorghum hybrids from other European countries and experimental hybrids of the JLU breeding program, have been another focus.

The project partners are institutions covering the aspects of plant breeding (JLU Giessen) and agronomy (LLH) as well as farmers. This interdisciplinary and participative approach has facilitated synergistic effects, like a direct farmers' feedback on the desirability of JLU-experimental hybrids.

1 Vorhabenplanung

1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Ausgangssituation und Problembeschreibung

Zur Steigerung der Biodiversität und Anpassung an den Klimawandel ist die Etablierung neuer, robuster Nutzpflanzen in der hessischen Landwirtschaft absolut notwendig. Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* L. Moench) ist prädestiniert für ressourcenschonende und an Trockenheit angepasste Fruchtfolgesysteme. Dank des tiefreichenden Wurzelsystems und der wachstüberzogenen Blätter können auch unter trocken-heißen Bedingungen noch passable Erträge erzielt werden. Obwohl Sorghum eine sehr vielseitig nutzbare Kulturpflanze ist, beschränkte sich sein geringfügiger Anbau in Deutschland bislang fast ausschließlich auf die Nutzung als Biogassubstrat. Hierfür werden hohe, massebetonte Typen verwendet, welche nicht für den Mähdrusch geeignet sind. Global hingegen wird Sorghum überwiegend für die Kornnutzung angebaut und ist dabei die fünftwichtigste Getreideart. Der Anbau von Sorghum konzentriert sich dabei keineswegs nur auf tropische Regionen; unter den Haupterzeugern fungieren mit den USA und Argentinien zwei Länder, in denen Sorghum überwiegend in gemäßigten Klimaregionen mit relativ kurzen Vegetationszeiten produziert wird. Auch in Süd- und Südost-Europa wird Kornsorghum bereits seit längerem erfolgreich angebaut, und die Anbauflächen haben in den letzten Jahren zugenommen. Hauptanbauregionen sind Südfrankreich, Oberitalien (beide ca. 50.000 ha), Ungarn, Rumänien, die südliche Ukraine (70.000 ha) und Südrussland (225.000 ha). Auch in geeigneten Regionen Österreichs (Südsteiermark, Burgenland) hat sich Kornsorghum erfolgreich etabliert und wird dort vielfach auch ökologisch erzeugt (2741 ha Bio-Sorghum im Jahr 2017). In Deutschland hingegen ist der Anbau von Kornsorghum bislang kaum erwähnenswert und beschränkt sich auf rund 100 ha in den Gunstlagen Badens, wo Erträge von 6-10 t/ha unter Praxisbedingungen erzielt werden (Sprich 2019).

Die agrarökologischen Vorteile von Sorghum, und somit seine Attraktivität als neue Kulturpflanze für die heimische Landwirtschaft, erschöpfen sich jedoch bei weitem nicht in seiner Trockentoleranz. Als Sommerung kann Sorghum vielfältig in bestehende Systeme integriert werden und in von Wintergetreide dominierten Fruchtfolgen einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung von Problemungräsern (z. B. Ackerfuchsschwanz) leisten. Besonders auf Marginalstandorten kann Sorghum dank seiner positiven, mit Leguminosen vergleichbaren Humusreproduktionsleistung zur Bodenverbesserung beitragen. Der Pflanzenschutzbedarf (Behandlungsindex) von Sorghum ist sehr gering. Die Anfälligkeit für Fusariumbefall des Korns wird als relativ gering eingeschätzt. Sorghum ist keine Wirtspflanze für den Westlichen Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*) und wird auch vom Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) nur in Ausnahmefällen befallen. Lediglich eine Herbizidbehandlung kann während der Jugendentwicklung erforderlich sein, allerdings kann die Unkrautbekämpfung bei geeigneter Reihenweite auch mechanisch erfolgen, wodurch Sorghum auch für den Ökolandbau geeignet erscheint. Sorghum besitzt dank seines tiefreichenden Wurzelsystems eine hohe Nährstoffeffizienz, weshalb für einen optimalen Ertrag vermutlich geringere N-Gaben als bei Mais und Getreide erforderlich sind. Besonders hervorzuheben ist die agrarökologische Wertigkeit von Sorghum als Bienennahrung. Sorghumpollen kann einen wichtigen Beitrag zur Proteinversorgung der Bienen während der defizitären Sommermonate leisten und die Aufzucht von Winterbienen (und somit die Überlebensfähigkeit eines ganzen Volkes) signifikant unterstützen (Siede et al. 2021).

Für landwirtschaftliche Betriebe bietet Kornsorghum neben einer Absicherung bei Trockenjahren den Vorteil, dass Arbeitsspitzen entzerrt werden können. Aussaat und Ernte können dabei mit der betriebsüblichen, für den Getreideanbau vorhandenen Technik durchgeführt werden, so dass keine Neu-Investitionen erforderlich sind. Eine Herausforderung bei der Ernte könnte allenfalls die im Vergleich zu Getreide erhöhte Schnitthöhe darstellen. Hierbei bestehen aber- bedingt durch

Pflanzenhöhe und den Abstand zwischen Rispe und Fahnenblatt- sortenspezifische Unterschiede, und eine einfache Beerntbarkeit stellt ein wichtiges Kriterium für Züchtung und Sortenwahl dar.

Kornsorghum kann sehr vielseitig verwendet werden. In Europa und anderen westlichen Ländern liegt der Schwerpunkt aktuell überwiegend auf Tierfütterung, während es in Afrika und Indien traditionell ein menschliches Grundnahrungsmittel darstellt. Genotyp-spezifische Unterschiede bestehen hinsichtlich Kornfarbe und Tanningehalten. Für den Einsatz in der Geflügel- und Schweinefütterung werden bevorzugt tanninfreie Sorten verwendet, da Tannine die Futteraufnahme, Proteinverdaulichkeit und Wachstumsraten einschränken können. Beim Einsatz in der Legehennenfütterung ist der nicht vorhandene Farbstoff für die Pigmentierung des Eidotters zu beachten. Daher sollten Körnermais oder andere Getreidearten zu maximal 50% durch Sorghumhirse ersetzt werden.

Als glutenfreies Lebensmittel kann Kornsorghum auch in westlichen Ländern an Bedeutung in der Humanernährung gewinnen. Für diese Nutzungsrichtung sind- im Gegensatz zur Tierernährung- tanninhaltige Sorten vorteilhaft. Tannine sind als Polyphenole wichtige Antioxidantien, und tanninhaltige Sorghumkörner besitzen eine sehr hohe, mit Heidelbeeren vergleichbare Antioxidans-Aktivität (Dykes & Rooney 2006). Die mit ihnen assoziierte verzögerte Kalorienaufnahme ist gerade für Übergewichtige und Diabetes-Patienten vorteilhaft (Awika & Rooney 2004). Während in den USA bereits Zuchtstämme mit einem besonders hohen Polyphenol-Gehalt entwickelt wurden (Rooney et al. 2013), wurde das europäische Sortenmaterial zwecks Optimierung für die Tierernährung bislang ausschließlich auf Tanninfreiheit selektiert. Im geplanten Vorhaben soll daher vor dem Hintergrund möglichst vielseitiger Verwendungsmöglichkeiten sowohl tanninfreies als auch hoch-tanninhaltiges Zuchtmaterial mit guter lokaler Adaptation entwickelt werden. Tanninhaltige Sorten würden für den praktischen Anbau unter heimischen Bedingungen zahlreiche Vorteile besitzen, da sie weniger von Vogelfraß betroffen werden, eine bessere Widerstandskraft gegen Schimmelpilze an den Körnern besitzen und einen besseren Feldaufgang bei kühlen Bedingungen zeigen.

Die erfolgreiche Etablierung von Kornsorghum als neue Kulturart in Hessen erfordert eine intensive und parallele Arbeit an mehreren Stellschrauben. Aktuell gibt es weder auf Deutschland zugeschnittene Zuchtprogramme, noch ein amtliches Sortenprüfwesen für Kornsorghum. Dies stellt interessierte Landwirte bezüglich der Sortenwahl vor große Unsicherheiten. Der europäische Saatgutmarkt wird von französischen Züchterhäusern dominiert, deren Sorten jedoch für und in anderen, wärmeren Zielumwelten selektiert wurden. Daher ist die Entwicklung und Selektion von neuem Zuchtmaterial mit besserer lokaler Adaptation unabdingbar, um Kornsorghum zu einer konkurrenzstarken Alternative für die heimische Landwirtschaft zu machen. Das geplante Vorhaben beabsichtigt, hierzu einen entscheidenden Grundstein zu legen. Wesentliche Zuchtziele für Kornsorghum sind die Kombination von ausreichender Frühreife mit hohem Ertrag und Ertragsstabilität. Grundlage hierfür sind signifikante Verbesserungen in der abiotischen Stresstoleranz, wobei die juvenile und reproduktive Kältetoleranz im Fokus stehen. Eine ausreichende Standfestigkeit ist bei kurzstrohigen Sorten im Gegensatz zu den hohen, als Biogassubstrat genutzten Silotypen gegeben. Für die Akzeptanz bei Landwirten sind neben dem Ertrag jedoch noch weitere Aspekte, vor allem hinsichtlich Pflanzenarchitektur und daraus resultierender möglichst einfacher Beerntbarkeit entscheidend. Im geplanten Vorhaben sollen Landwirte deshalb in einem partizipatorischen Ansatz an der pflanzenzüchterischen Selektion mitwirken, damit die zu prüfenden Sortenkandidaten auch ihrem gewünschten „Ideotyp“ entsprechen. Parallel dazu sollen pflanzenbauliche Fragestellungen des Kornsorghum-Anbaus untersucht werden, für die es hierzulande bislang keine Empfehlungen gibt. Hierzu gehören Saatstärken, Reihenabstände, Bestandesdichte und N-Düngung. Ein weiteres Kriterium für die zukünftige Akzeptanz von Kornsorghum wird der Aufbau von Vermarktungsmöglichkeiten und Wertschöpfungsketten sein, sofern nicht eine ausschließlich betriebsinterne Verwertung in der Fütterung erfolgt.

1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Das Vorhaben soll einen entscheidenden Beitrag zur Adaptation und Etablierung von Kornsorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) als neue, trockenolerante Kulturpflanze für die menschliche und tierische Ernährung in der heimischen Landwirtschaft leisten. Durch die Entwicklung von neuem, adaptiertem Basismaterial soll der Grundstein für eine auf Hessen zugeschnittene Sortenentwicklung gelegt werden. Diese pflanzenzüchterischen Arbeiten sollen in gleichem Umfang durch Exaktversuche zu pflanzenbaulichen Fragestellungen begleitet werden, um entsprechendes *Know-How* für die regionale Agrarberatung zu generieren. Mehrere landwirtschaftliche Betriebe werden die Anbaueignung aktuell verfügbarer, kommerzieller Sorten aus dem europäischen Ausland und neu entwickelter Sortenkandidaten aus dem JLU-Zuchtprogramm unter Praxisbedingungen prüfen. Ihre Erfahrungen werden durch den partizipatorischen Ansatz des geplanten Vorhabens eine wichtige Rückkopplung für die laufende Züchtung der JLU und die Beratung des LLH darstellen. Zudem sind in kleinerem Umfang auch erste, testweise Verwendungen des von den Landwirten erzeugten Ernteguts in der regionalen Wertschöpfungskette geplant.

Ziel der durch JLU repräsentierten Pflanzenzüchtung ist die Entwicklung leistungsfähiger F1-Hybriden mit verbesserter abiotischer Stresstoleranz, welche hinsichtlich Reifegruppe und Pflanzenarchitektur (einfache Beerntbarkeit) gute Akzeptanz bei heimischen Landwirten finden. Grundlage hierfür ist der Aufbau geeigneter Elternkomponenten in genetisch voneinander entfernten Pools zur Maximierung der Heterosis. JLU hat dank der umfangreichen, langjährigen Vorarbeiten in der Sorghumzüchtung bereits zahlreiche geeignete Elternkomponenten identifiziert. Im geplanten Vorhaben sollen einerseits mit diesen bereits vorhandenen Komponenten Testhybriden erstellt und geprüft werden. Somit können sowohl mögliche Sortenkandidaten für die Prüfung unter Praxisbedingungen selektiert, als auch Informationen zur allgemeinen Kombinationseignung (GCA) und somit der Wertigkeit dieser Komponenten für die weitere Hybridzüchtung gewonnen werden. Andererseits sollen die Pools (Mutter- und Vater bzw. Restorerlinien) diversifiziert und hinsichtlich abiotischer Stresstoleranz und agronomischer Leistungsfähigkeit verbessert werden. Hierzu soll zunächst das durch Vorarbeit bereits vorhandene Material, zusammen mit neu akquirierten Akzessionen in Feldversuchen auf Kältetoleranz untersucht werden. Durch Kreuzungen geeigneter Linien sollen neue Populationen erstellt werden, aus denen nach mehreren Selbstungs- oder Rückkreuzungsschritten neue, verbesserte Elternkomponenten selektiert werden können. Die Nutzung eines Winterzuchtgartens in Mexiko wird dabei die Durchführung von zwei Generationen bzw. Zyklen pro Jahr und somit einen beschleunigten Zuchtfortschritt erlauben. Neben der abiotischen Stresstoleranz dürfen jedoch auch die Korn-Qualitätsmerkmale nicht vernachlässigt werden. In diesem Zusammenhang soll eine NIRS-Kalibration zur Hochdurchsatzanalytik wertgebender Inhaltsstoffe (Stärke, Protein- und Tanningehalte, ggf. Aminosäurezusammensetzung und Mineralstoffe) entwickelt werden. Wie eingangs bereits erwähnt, sollen sowohl tanninfreie Zuchtstämme für die Tierfütterung, als auch tanninhaltiges Material für die Humanernährung entwickelt werden. Da die genetische Determination des Merkmals Tanninfreiheit bei Sorghum einfach und bekannt ist, sollen durch Rückkreuzungen geeignete Elternkomponenten tanninfrei bzw. tanninhaltig und somit für beide Nutzungsrichtungen verwendbar gemacht werden.

Zur Untersuchung pflanzenbaulicher Aspekte sind seitens des Partners LLH umfangreiche, mehrfaktorielle Exaktversuche an den kontrastierenden Standorten Friedberg (Wetterau; Lössböden höher Güte) und Griesheim (Hessisches Ried; leichte, zu Trockenheit neigende Sandböden) unter konventioneller Bewirtschaftung geplant. Die darin erzielten Ergebnisse sollen in praxisnahen Organen veröffentlicht werden und direkt in die regionale Agrarberatung einfließen. Ein wichtiger Faktor ist der Einfluss unterschiedlicher Reihenabstände und Aussaatstärken auf Abreife und Ertrag, da unter heimischen Anbaubedingungen hierzu noch keine Erfahrungen vorliegen. Vermutlich wird der optimale Reihenabstand und die optimale Aussaatstärke nicht nur von der Wasserverfügbarkeit und Reifegruppe, sondern auch von Habitus und Pflanzenarchitektur der unterschiedlichen Prüfglieder (Einzelpflanzentyp vs. Bestandesdichtentyp) beeinflusst sein. Als weiterer Faktor soll die Auswirkung

unterschiedlicher N-Düngungsstufen auf Ertrag und Qualitätsmerkmale (Proteingehalte, Tausendkorngewicht, Energiekonzentration) analysiert werden. Neben einem N-Düngungsversuch mit unterschiedlichen N-Aufwandsmengen soll hierbei u. a. untersucht werden, ob durch den Einsatz stabilisierter N-Dünger auf eine zweite N-Gabe verzichtet werden kann.

Zusätzlich zu den Exaktversuchen von JLU/LLH sollen die Sorten und Sortenkandidaten auch in den Praxisbetrieben in Form eines Streifenanbaus getestet werden. Die Praxisbetriebe liegen in den wärmeren Regionen Süd- und Mittelhessens, welche gegenwärtig das beste Potenzial für Sorghum aufweisen. Die Landwirte werden dabei nach Abstimmung mit den Projektpartnern ihre vorhandene Technik nach eigenem Ermessen einsetzen, und alle pflanzenbaulichen Arbeitsschritte entsprechend dokumentieren. Ihre Erfahrungen werden durch den partizipatorischen, dynamischen Rückkopplungs-Ansatz des geplanten Vorhabens direkt in die Sortenentwicklung der JLU und die Anbauempfehlungen des LLH einfließen. Zugleich kann dieser regional verteilte Streifenanbau als Demonstrationsvorhaben für andere Landwirte dienen und somit den Bekanntheitsgrad der neuen Kultur Kornsorghum erhöhen. Die beteiligten Landwirte werden die Ernte betriebsintern in der Fütterung verwenden, in der betriebszugehörigen Direktvermarktung als Lebensmittel verkaufen, oder nach vorheriger Rücksprache an den lokalen Landhandel verkaufen. Die dabei erzielten Erfahrungen werden in die ökonomischen Bewertungen des LLH einfließen.

1.3 Arbeitsplan

Methodenbeschreibung, Arbeitspakete und Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der OG

Arbeitspaket 1: Laufende Zusammenarbeit der OG

Beschreibung:

Die Partner werden die einzelnen Arbeitspakete miteinander abstimmen, an den regelmäßig stattfindenden Projekttreffen teilnehmen und die erzielten Ergebnisse den anderen Mitgliedern zugänglich machen.

Die Koordination der laufenden Zusammenarbeit erfolgt durch den Leadpartner JLU. Dies beinhaltet die Verwaltung der Finanzen der OG gemäß den Förderrichtlinien. JLU wird die dreimal jährlich stattfindenden Projekttreffen organisieren, das Innovationsvorhaben nach außen präsentieren und für eine transparente und harmonische Zusammenarbeit der OG Sorge tragen.

Um Kornsorghum interessierten Landwirten und Multiplikatoren bekannter zu machen, sind als Öffentlichkeitsarbeit mehrere Feldtage unter Leitung des LLH geplant.

Beteiligte OG-Mitglieder, assoziierte Partner Partner und Dritte sowie jeweils deren Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

alle (Aufgaben/Rollen: s. o.)

Arbeitspaket 2: Entwicklung und Prüfung von neuem, lokal adaptiertem Kornsorghum-Zuchtmaterial

Beschreibung:

Das geplante Vorhaben beabsichtigt, durch die Entwicklung von verbessertem, adaptiertem Zuchtmaterial einen entscheidenden Grundstein für eine auf heimische Bedingungen zugeschnittene Sortenentwicklung zu legen. Finales Ziel ist es, mithilfe der im Vorhaben geleisteten Züchtungsarbeit die zeitnahe Zulassung von neuen Sorten zu schaffen, welche hinsichtlich wichtiger Merkmale wie Ertrag, Frühreife, Stresstoleranz und Inhaltsstoffzusammensetzung eine Verbesserung gegenüber den bisher existierenden Sorten aus dem europäischen Ausland darstellen. Aufgrund der bei Sorghum vielfach beschriebenen Heterosis (Mehrleistung der F1 gegenüber den Eltern) für Ertrag und auch abiotische Stresstoleranz werden F1-Hybriden als neue Sortenkandidaten priorisiert.

Die Hybridzüchtung erfordert zunächst aber die Entwicklung geeigneter, adaptierter Elternkomponenten in genetisch voneinander entfernten heterotischen Pools. Durch Vorarbeiten steht JLU umfangreiches Pflanzenmaterial zur Verfügung, und es wurden bereits Linien mit einer guten Kombinationseignung und Kältetoleranz identifiziert. Dieses Material soll im geplanten Vorhaben durch die Akquise weiterer, frei verfügbarer Akzessionen von internationalen Genbanken ergänzt werden, welches zunächst in einem Beobachtungsanbau auf allgemeine Adaptation und abiotische Stresstoleranz geprüft werden muss. In diesem Zusammenhang sind entsprechende Feldversuche an den JLU-Feldversuchsstandorten geplant.

Geeignete, selektierte Linien sollen einerseits für die Erstellung von Testhybriden verwendet werden, wobei die Nutzung eines Winterzuchtgartens in Mexiko (durchgeführt vom assoziierten Partner Agrobial Servicios) einen wichtigen Zeitgewinn erlauben wird. Die Prüfung einer größeren Anzahl Testhybriden auf Ertrag und Stresstoleranz ermöglicht sowohl die Identifikation möglicher Sortenkandidaten, als auch Rückschlüsse auf die Kombinationseignung ihrer Elternkomponenten, und somit deren Wertigkeit für die weitere Materialentwicklung. Testhybriden bzw. Kandidaten, welche in allen Punkten (Ertrag, ausreichende Frühreife, Stresstoleranz, Bewertung durch Landwirte) überzeugen, werden über den Winter erneut mit größerer Saatgutmenge produziert und können so im 2. Projektjahr in den Demonstrationsanbau der beteiligten Landwirte einbezogen werden (siehe AP 3). Somit können die Praxisbetriebe direkt am Zuchtfortschritt teilhaben.

Andererseits sollen die aufgrund ihrer Stresstoleranz und Kombinationseignung selektierten Linien bzw. Elternkomponenten zur Diversifizierung und Verbesserung der heterotischen Pools verwendet werden. Durch Kastration und gelenkte Bestäubung geeigneter Linien sollen neue Populationen entwickelt werden, aus denen im weiteren Verlauf neue, verbesserte Elternkomponenten selektiert werden können. Die Nutzung des Winterzuchtgartens in Mexiko ermöglicht auch hier durch eine zusätzliche Selbstungsgeneration eine wichtige Zeitersparnis und somit einen höheren Selektionsgewinn. Für die Populationsentwicklung sollen sowohl Linien mit einer überdurchschnittlich guten Stresstoleranz kombiniert werden, um in der Nachkommenschaft durch transgressive Segregation eine weitere Verbesserung zu erreichen, als auch gezielt etablierte Elternkomponenten mit einer guten Kombinationseignung durch Kreuzungen mit toleranten Genotypen verbessert werden. Die Entwicklung verbesserter, männlich-steriler Mutterlinien soll dabei einen Schwerpunkt der Züchtungsarbeit bilden.

Um Kornsorghum eine vielseitige Verwendung in der heimischen Wertschöpfung zu eröffnen, soll es für die Humanernährung und Tierfütterung gleichermaßen optimiert werden. Wichtigstes Unterscheidungskriterium hierfür ist der Gehalt an polyphenolischen Tanninen. Die Vererbung des Merkmals Tanninfreiheit bei Sorghum ist recht einfach und die zu Grunde liegenden Gene sind bekannt. Zur Hochdurchsatzanalytik weiterer wertgebender Inhaltsstoffe (Stärke- und Proteingehalte) ist die Entwicklung einer NIRS-Kalibration geplant.

Beteiligte OG-Mitglieder, assoziierte Partner Partner und Dritte sowie jeweils deren Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

OG-Mitglieder:

JLU:

Leitung und Bearbeitung des Zuchtprogramms durch wissenschaftliches und technisches Personal mit geeigneter Qualifikation und Erfahrung, Bereitstellung der Versuchsstandorte Groß-Gerau und Rauschholzhausen, Koordination der Saatgutproduktion

Beteiligte Landwirte:

Beteiligung an der Selektion geeigneter Sortenkandidaten durch Einschätzung von deren Praxistauglichkeit und Akzeptanz

Assoziierter Partner:

Agrobal Servicios (Mexiko):

Durchführung des Winterzuchtgartens in Puerto Vallarta, Mexiko (Produktion neuer Testhybriden, Populationsentwicklung)

Arbeitspaket 3: Pflanzenbauliche Optimierung von Kornsorghum in Hessen

Beschreibung:

Neben pflanzenzüchterischen Verbesserungen bzw. einer geeigneten Sortenwahl sind für die Implementierung von Kornsorghum als neue Kulturart in Hessen auch wichtige Maßnahmen der Bestandesführung zu klären, da hierzu unter heimischen Bedingungen noch keine Erfahrungswerte vorliegen. Diese umfassen u.a. die Faktoren Aussattermin, Aussaatstärke (Drillsaat vs. Einzelkornsaat), Bestandesdichte und Reihenabstand, sowie die Nährstoffversorgung und Pflanzenschutz.

Der LLH wird an den Versuchsstandorten Friedberg (Wetterau) und Griesheim (Südhessen) jeweils zwei zweijährige Exaktversuche (2021, 2022) durchführen. Im ersten Versuch soll der Einfluss von Bestandesdichte und Reihenabstand auf die Ertragsleistung untersucht werden. Aus Untersuchungen zu Mais ist dokumentiert, dass die Pflanzenarchitektur (Pflanzenhöhe, Blattwinkel, etc.) vor Erreichen der maximalen Blattfläche die Strahlungsaufnahme und damit die Biomassebildung beeinflusst. Im Gegensatz zu Mais verfügt Sorghum jedoch über ein ausgeprägtes Bestockungsvermögen. Der Versuch umfasst daher unterschiedliche Kornsorghum-Typen, um zu prüfen, ob die Bestandesdichte typspezifisch zu optimieren ist. Basierend auf den Erfahrungen der Antragssteller, sollen wenige, für ihr jeweiliges Segment (Reifegruppe, Habitus) repräsentative Prüfglieder aus dem vorhandenen Portfolio (kommerziell verfügbare Sorten aus dem europäischen Ausland, vielversprechende Testhybriden aus dem Zuchtprogramm der JLU) ausgewählt werden.

In einem zweiten Versuch soll der Einfluss der N-Düngung auf die Ertragsbildung untersucht werden. Hierzu wird die N-Menge in äquidistanten Schritten gesteigert, um die für die Ertragsbildung erforderliche N-Menge ableiten zu können. Somit wird ein nachhaltiger, gewässerschonender Sorghumanbau sichergestellt. Die N-Menge wird in zwei Teilgaben (vor Saat, Jugendentwicklung) appliziert und der im Boden pflanzenverfügbare N (N_{min}) entsprechend angerechnet. Eine Kontrolle (0 kg N/ha) ermöglicht die Quantifizierung der N-Verwertungseffizienz, die für Sorghum als C4-Pflanze ähnlich hoch sein dürfte wie bei Körnermais. Weiterhin soll die Möglichkeit der N-Düngung in einer

Gabe über stabilisierte N-Dünger analysiert werden. Diese Option erscheint insbesondere für die Trockengebiete Süd- und Mittelhessens interessant.

Neben der Auswirkung unterschiedlicher Düngungszenarien auf den Ertrag sollen auch die Effekte auf Tausendkornmasse und Inhaltsstoffe erfasst werden. Die erzielten Ergebnisse inkl. ihrer ökonomischen Bewertung werden direkt in die Beratungsarbeit des LLH einfließen und in praxisnahen Organen publiziert (siehe AP 5).

Beteiligte OG-Mitglieder, assoziierte Partner Partner und Dritte sowie jeweils deren Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

LLH:

Durchführung der mehrfaktoriellen Exaktversuche; Bereitstellung der Flächen an den Standorten Griesheim und Friedberg inkl. technischem Personal und maschineller Ausstattung für Aussaat, Bestandespflege und Ernte

Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL):

Durchführung der Bodenanalysen auf Nmin und Grundnährstoffe

JLU:

Auswahl der einzubeziehenden Sorten und Sortenkandidaten (Testhybriden) und Organisation ihrer Saatgutproduktion; Durchführung der Korninhaltsstoff-Analysen (in Eigenleistung).

Arbeitspaket 4: Demonstrationsvorhaben: Test auf Praxistauglichkeit, Verwertungsmöglichkeiten und betriebswirtschaftliche Eignung von Kornsorghum

Beschreibung:

Die beteiligten landwirtschaftlichen Praxisbetriebe werden eine Auswahl von Sorten (kommerziell verfügbare Sorten aus dem europäischen Ausland) und Sortenkandidaten (aus dem Zuchtprogramm der JLU) in einem Streifenanbau auf ihren eigenen Flächen testen. Aussaat, Bestandesführung und Ernte werden nach Möglichkeit mit der in den Betrieben vorhandenen Technik durchgeführt. Die Ernte von Kornsorghum kann prinzipiell mit betriebsüblichen Getreidemähdreschern erfolgen, auch wenn die Schnitthöhe bei Sorghum (> 70 cm) deutlich höher liegt. Die Landwirte werden alle Behandlungsschritte dokumentieren und wichtige Bonituren (Aufgang, Blühbeginn, Abreife) durchführen. Bei Ernte wird eine Ertragsermittlung der einzelnen Sorten erfolgen, und die Landwirte werden die jeweiligen Sorten hinsichtlich allgemeiner Eignung (Abreife, Pflanzenarchitektur, Beerntbarkeit) an ihrem Standort einschätzen. Die dabei erzielten Ergebnisse werden in die Sortenentwicklung der JLU einfließen. Gleichzeitig dienen die an der OG beteiligten Landwirte mit ihrem Demonstrationsvorhaben vor Ort als Multiplikatoren, um Kornsorghum als neue Kulturpflanze in ihrem persönlich-regionalen Netzwerk bekannter zu machen. Die Praxisbetriebe liegen in den wärmeren Regionen Süd- und Mittelhessens (Wetterau), welche gegenwärtig das beste Potenzial für Sorghum aufweisen. Ebenso sollen in diesem Arbeitspaket die Verwendungsmöglichkeiten von Kornsorghum sondiert werden. Je nach Betriebsart der Mitglieder kommen dabei unterschiedliche

Verwendungen in Frage: betriebsintern in der Fütterung, Verkauf an den Landhandel sowie Direktvermarktung als glutenfreies Lebensmittel.

Beteiligte OG-Mitglieder, assoziierte Partner Partner und Dritte sowie jeweils deren Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

beteiligte Praxisbetriebe mit Spezifikation (Aufgaben s. o.):

Patrick Ess (Schweinehaltung)

Assenheimer Str. 32

61203 Reichelsheim/Dorn-Assenheim

Torsten Dietz (Schweinehaltung)

Brunnenstraße 15

61231 Bad Nauheim/Schwalheim

Susanne Ries (Schweine- und Hühnerhaltung, Direktvermarktung)

Wiesenmühle 1

64839 Münster

Thomas Rechel (Hühnerhaltung, Direktvermarktung)

Gernsheimer Straße 37

64665 Alsbach-Hähnlein

Sonnenhof (Biobetrieb, Direktvermarktung), vertreten durch Stiftung Nieder-Ramstädter Diakonie, Stiftungsverein

Bodelschwinghweg 5

64367 Mühlthal

Betriebssitz Sonnenhof:

Nieder-Beerbacher-Straße 37

64367 Mühlthal

LLH:

Betreuung der Praxisbetriebe durch Pflanzenbauberater, falls nötig Hilfe bei Ernte. Betriebsspezifische Analysen zur ökonomischen Wertigkeit des Sorghumanbaus.

Arbeitspaket 5: Datenauswertung, Publikation und Wissenstransfer

Alle Mitglieder der OG werden die in ihren Versuchen gewonnenen Daten erfassen und gemeinschaftlich auswerten. Geplant sind sowohl mehrere Publikationen in praxisnahen Zeitschriften und Vortragsreihen unter Koordination des LLH mit Mitwirkung der beteiligten Landwirte, als auch in wissenschaftlichen, pflanzenzüchterischen Fachjournalen und auf EU-weiten Tagungen unter Federführung der JLU. Die erzielten Ergebnisse werden vom LLH direkt in die Beratung aufgenommen und ermöglichen einen auf die Zielgruppe optimierten Wissenstransfer. Ein wichtiges Instrument für den Wissenstransfer zu interessierten Landwirten und Multiplikatoren werden Feldtage an den Versuchen des LLH und dem Demonstrationsanbau der Landwirte sein (siehe Arbeitspaket 1).

Beteiligte OG-Mitglieder, assoziierte Partner Partner und Dritte sowie jeweils deren Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

alle

JLU: Wissenstransfer in pflanzenzüchterischen Fachjournalen und auf Deutschland- und EU-weiten Tagungen;

LLH: Wissenstransfer durch Publikation in praxisnahen Organen, eigenen Kanälen und Feldtage

beteiligte Landwirte: Mitwirkung an Feldtagen, Funktion als Multiplikatoren gegenüber Berufsgenossen

2 Verlauf des Vorhabens

Arbeitspaket	Meilensteine und Entscheidungskriterien	Partner	2021			2022			2023 (bis 30.06.)			2023/ 24 ¹
AP 1 Laufende Zusammenarbeit der OG	Verwaltung der Finanzen und Koordination	JLU										
	Regelmäßige Treffen (3-mal jährlich)	alle										
	Öffentlichkeitsarbeit durch Feldtage	LLH/Primärproduzenten										
AP 2 Entwicklung und Prüfung von neuem, lokal adaptiertem Kornsorghum-Zuchtmaterial	Saatgutproduktion im Winterzuchtgarten	Agrobal										
	Prüfung neuer Hybriden in Parzellenversuchen auf Ertrag, Adaptation und abiotische Stresstoleranz	JLU/Primärproduzenten										
	Entwicklung und Prüfung neuer Elternkomponenten auf abiotische Stresstoleranz	JLU										
	Qualitätsanalysen (Korn-Inhaltsstoffe)	JLU										
AP 3 Pflanzen-bauliche Optimierung von Kornsorghum in Hessen	Exaktversuche zur Optimierung der N-Düngung	LLH										
	Exaktversuche zur Ermittlung optimaler Bestandesdichten und Reihenabstände	LLH										
	Qualitätsanalysen (Korn-Inhaltsstoffe)	LLH/JLU										
AP 4 Demonstrationsvorhaben: Test auf Praxistauglichkeit, Verwertungsmöglichkeiten u. betriebswirtschaftl. Eignung von Kornsorghum	Prüfung kommerzieller Sorten und Sortenkandidaten der JLU auf Praxistauglichkeit (Frühreife, Beerntbarkeit, Ertrag) in Hessen in einem Streifenanbau auf den Betrieben	Primärproduzenten/LLH										
	Testweise Verwertung des Ernteguts (Fütterung, Verkauf an Landhandel, Direktvermarktung)	Primärproduzenten/LLH										
	Betriebswirtschaftliche Bewertung (Deckungsbeitragskalkulationen)	Primärproduzenten/LLH										
AP 5 Datenauswertung, Publikation und Wissens-transfer	Versuchsauswertung, Publikation in Fachzeitschriften und auf Tagungen	JLU										
	Versuchsauswertung, Publikation in praxisnahen Zeitschriften und Vortragsveranstaltungen	LLH										
	Erstellen des Projektabschlussberichts	JLU										

1: kostenneutrale Verlängerung bis 15.03.2024

Der Verlauf des Innovationsvorhabens ist in obigem Balkendiagramm dargestellt. Wesentliche Abweichungen zur ursprünglichen Planung ergaben sich nicht. Aufgrund der Corona-Pandemie, welche leider die Dauer des Projekts begleitete, wurden die ursprünglich in Präsenz geplanten Treffen der OG online durchgeführt, was aber keinen Nachteil darstellte. Bilaterale Versuchsbesichtigungen wurden flexibel nach individueller Absprache durchgeführt. Aufgrund der strengen Corona-Auflagen konnte ein Feldtag nur 2022 realisiert werden, wurde dann aber gut von Landwirten, Beratern und der interessierten Öffentlichkeit aufgenommen.

Für den JLU-Teil des AP 5 erfolgte eine kostenneutrale Verlängerung bis zum 15.03.2024.

3 Ergebnisse und Zielerreichung

3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

Die Vegetationsperioden der beiden Jahre 2021 und 2022 unterschieden sich hinsichtlich ihres Witterungsverlaufs (feucht-kühl versus trocken-heiß) sehr deutlich voneinander. Dies war für die Ergebnisse des Vorhabens vorteilhaft, da Kornsorghum (sowohl bestehende Sorten als auch neue Zuchtstämme) in Hessen somit unter gegensätzlichen Bedingungen geprüft werden konnte.

Praxisversuche bei landwirtschaftlichen Betrieben 2021

Praktische Anbauversuche wurden 2021 bei allen fünf an der OG beteiligten landwirtschaftlichen Betrieben angelegt. Davon befinden sich zwei in den Sorghum-Gunstlagen Südhessen, zwei in der Wetterau und einer (Ökobetrieb Sonnenhof) im Odenwald. Angebaut wurden 8 verschiedene Sorten bzw. Zuchtstämme in einer Streifenanlage, sowohl kommerzielle Kornsorghum-Sorten aus Frankreich, als auch vielversprechende Testhybriden aus dem JLU-Zuchtprogramm.

Beim Betrieb Rechel in Alsbach-Hähnlein (Bergstraße) erfolgte die Aussaat bereits früh am 30. April 2021. Das nasskalte Wetter im Mai inkl. leichter Nachtfröste vertrugen die Sorghum-Keimlinge überraschend gut. Die JLU-Testhybriden zeigten dabei weniger Kältstress-Symptome als die französischen Sorten. Im weiteren Verlauf entwickelte sich der Bestand sehr gut und kam in der letzten Juli-Dekade zur Blüte. Die Ernte erfolgte Ende Oktober bei je nach Sorte 20-30% Kornfeuchte und verlief problemlos, zwei höhere Testhybriden lagen allerdings bereits am „Höhenlimit“ für das Schneidwerk des Mähdreschers New Holland CS540. Der Ertrag war mit 85 dt/ha (bezogen auf 14% Kornfeuchte) sehr zufriedenstellend. Das Erntegut wurde geschrotet und wird zu 20% Rationsanteil in die betriebsinterne Hühnerfütterung beigemischt. Laut Einschätzung von Thomas Rechel sind kurze Sorten vorteilhafter, da sie neben einer einfacheren Ernte auch weniger Nachbearbeitung (Arbeitsaufwand beim Mulchen) erfordern. Ferner sieht er es als wichtiges Zuchtziel, dass sich alle Rispen in einer Höhe befinden.

Beim Betrieb Ries (Münster, Südhessen) wurde der Streifenversuch am 24. Mai mit Getreidetechnik gesät, d.h. mit einem engen Reihenabstand von ca. 15cm. Basierend auf den dortigen Erfahrungen scheint dies eine gute Option für den Praxisanbau zu sein, es müssen nicht notwendigerweise weitere Reihenabstände (>37,5 cm, wie bisher im Sorghumanbau empfohlen) sein. Der Bestand entwickelte sich insgesamt sehr gut, einige der französischen Sorten zeigten jedoch eine schwächere Triebkraft und geringere Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern. Nach ersten Frösten Mitte Oktober waren die Restpflanzen zur Ernte Ende Oktober abgestorben, zeigten aber dennoch- auch bei einem vorangegangenen stärkeren Sturm- eine perfekte Standfestigkeit. Die Ernte verlief problemlos, auch die höheren Testhybriden ließen sich mit dem Mähdrescher Claas Lexion gut dreschen. Kornfeuchte und Ertragsniveau lagen ähnlich wie beim Betrieb Rechel, zwei Testhybriden fielen jedoch durch sehr hohe Erträge von ca. 110 dt/ha (bezogen auf 86% Trockensubstanzgehalt im Korn) auf. Die auf dem Feld verbleibenden Restpflanzen wurden im Dezember problemlos gemulcht. Die Verwertung des Ernteguts erfolgt als Hühnerfutter auf dem eigenen Hof. Sorghum wird von den Hühnern gut angenommen, Sortenunterschiede hinsichtlich Akzeptanz sind nicht feststellbar.



Abb. 1: Sorghum-Praxisanbau auf dem Betrieb Ries in Südhausen (vorne: kommerzielle Sorte aus Frankreich, hinten JLU-Testhybride)

Bei den zwei in der Wetterau gelegenen Betrieben erfolgte die Aussaat ebenfalls am 24. Mai. Beim Betrieb Dietz (Bad Nauheim) entwickelte sich ein sehr schöner, gleichmäßiger und unkrautfreier Bestand. Demgegenüber war der Aufgang beim Betrieb Ess (Reichelsheim) leider sehr lückig und ungleichmäßig. Im weiteren Verlauf konnte dies durch die Bestockungsfähigkeit des Sorghums weitgehend ausgeglichen werden, jedoch war dadurch die Abreife ungleichmäßig und insgesamt verzögert. Beim Betrieb Dietz war die physiologische Kornreife Ende Oktober zwar überwiegend erreicht, jedoch lag die Kornfeuchte aufgrund ungünstigen Wetters sehr hoch. Somit konnte letztlich auf beiden Betrieben keine Druschernte stattfinden, sondern es erfolgte eine Ganzpflanzen- bzw. Siloernte für die Biogasanlage. Der dabei erzielte Ertrag lag beim Betrieb Dietz bei ca. 320 dt/ha Grünmasse. Basierend auf diesen Erfahrungen, wäre für beide Betriebe Frühreife das wichtigste Zuchtziel.

Beim beteiligten Ökobetrieb (Sonnenhof) im Odenwald erfolgte die Aussaat früh Anfang Mai. Aufgrund der kühlen Witterung zeigte Sorghum nur eine schwache Konkurrenzkraft gegenüber den Unkräutern. Letztlich musste der Versuch daher leider bereits im Sommer aufgegeben werden.

Basierend auf den ungünstigen Erfahrungen aus 2021 entschieden sich die Betriebe Ess und Sonnenhof, den Sorghumanbau 2022 nicht zu wiederholen. Dies unterstreicht die Bedeutung der Zuchtziele Triebkraft/schnelle Jugendentwicklung bzw. Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern auch bei kühlen Bedingungen sowie verbesserter Frühreife, um eine Druschfähigkeit auch nach kühlen Sommern wie 2021 zu ermöglichen.

Praxisversuche bei landwirtschaftlichen Betrieben 2022

Die Praxisversuche 2022 wurden an den verbleibenden Betrieben Dietz (Wetterau), Ries (Südhausen) und Rechel (Südhausen) durchgeführt. Im Gegensatz zu 2021, wo alle Betriebe zwecks eines orthogonalen Versuchsdesigns die gleichen Sorten bzw. Zuchtstämme erhalten hatten, wurden die 2022 bereitgestellten Sorten anhand der Erfahrungen des Vorjahrs betriebsspezifisch angepasst. So baute der Betrieb Dietz nur zwei sehr frühe Sorten (*Dodgge* und *Maggic*) an, um einer erneuten Nicht-Druschreife vorzubeugen. Bei den Landwirten Rechel und Ries wurden hingegen 5 bzw. 6 verschiedene Genotypen geprüft.

Der Anbauversuch am Betrieb Rechel gelang auch 2022 gut. Die Aussaat erfolgte früh am 29.04., was hinsichtlich der Ausnutzung der Frühjahrsfeuchte und der folgenden warmen Witterung sehr vorteilhaft war. Im weiteren Verlauf entwickelte sich der Sorghum zügig und kam bereits Anfang Juli (ca. 3-4 Wochen früher als 2021) zur Blüte. Die gesamte Vegetationsperiode war von Hitze und Trockenheit geprägt, es wurde jedoch bewusst auf eine Beregnung des Sorghums verzichtet, so dass der Anbau einen echten „Stresstest“ darstellte. Der Bestand zeigte bereits um den 20. August Korn bzw. Druschreife und weitgehend abgestorbene Restpflanzen, was für Mitteleuropa eine ungewöhnliche Erscheinung ist. Die Ernte erfolgte in den ersten Septembertagen zusammen mit Soja bei ca. 18% Restfeuchte. Aufgrund des vereinzelt beginnenden Lagers und des angekündigten Wetterumschwungs wurde keine weitere Absenkung der Kornfeuchte abgewartet. Der Ertrag lag mit 40 dt/ha etwa bei der Hälfte von 2021, war in Anbetracht der extremen Trockenheit und des geringen Aufwands aber zufriedenstellend. Wie auch in 2021 wurde das Erntegut geschrotet und zu 15% in die Futtermischung der Hühner gemischt.



Abb. 2: Streifenanbau am Betrieb Rechel in Südhausen (bei Alsbach, Bergstraße) am 19.08.2022. Der Bestand ist kurz vor Druschreife, die unterschiedlichen Sorten bzw. Streifen an ihrer Kornfarbe klar unterscheidbar.

Beim Betrieb Dietz gelang der Anbauversuch 2022 ebenfalls gut. Auch hier erfolgte eine frühe Aussaat (7. Mai), gefolgt von einer bei warmer Witterung raschen Jugendentwicklung und frühen Blüte Mitte Juli. Dank des guten Wetterauer Lössbodens und bis Anfang Juli noch ausreichender Niederschläge zeigte sich hier kein Trockenstress und die Restpflanzen blieben bis zur Druschreife weitgehend grün. Um eine möglichst niedrige Kornfeuchte zu erzielen, wurde mit der Ernte bis Anfang November gewartet. Der Ertrag lag bei ca. 70 dt/ha und 17% Feuchte. Das Erntegut wurde geschrotet und bei einem Berufskollegen in der Bullenmast verwendet.



Abb. 3: Kornsorghum-Versuchsanbau bei Betrieb Dietz, Wetterau (Nähe Bad Nauheim) am 17.08.2022

Der Anbauversuch des Betriebs Ries in Südhessen (Nähe Münster/Groß-Umstadt) gestaltete sich demgegenüber und auch im Gegensatz zu den positiven Erfahrungen aus 2021 schwierig. Die ausgewählte Fläche war ein Pseudogley-Boden, welcher in feuchteren Jahren zu Staunässe neigt, im trockenen Sommer 2022 aber vollständig ausgetrocknet war und auch keinen kapillaren Wasseraufstieg aus tieferen Schichten ermöglichte. Der Aufgang des Sorghum nach Aussaat Mitte Mai war zufriedenstellend, jedoch liefen leider auch viele Schadhirsens auf, gegen die das applizierte Bodenherbizid (Spectrum) aufgrund fehlender Bodenfeuchte nur wenig Wirkung zeigte. Im weiteren Verlauf kam der Sorghum nur in einzelnen Teilbereichen des Feldes mit besserer Wasserverfügbarkeit in die generative Entwicklung. Überwiegend verfiel der Sorghum in eine Trockenstarre, und die Entwicklung blieb vor dem Rispschieben stehen. Die Gründe hierfür liegen in der Kombination einer in 2022 auch für Sorghum extremen Trockenheit, welche an diesem Standort durch die Wasser Konkurrenz der Schadhirsens und den fehlenden kapillaren Wasseraufstieg verstärkt wurde. Unter diesen Bedingungen konnte Sorghum die Vorteile seiner tiefen Bodendurchwurzelung nicht ausnutzen. Aufgrund des nur stellenweise vorhandenen Kornansatzes war eine Druschernte nicht möglich und der Versuch musste im Herbst gemulcht werden.



Abb. 4: Anbauversuch beim Betrieb Ries in Südhessen (nähe Münster) 2022. Während in großen Teilen des Feldes aufgrund von Trockenheit, verschärft durch wasserundurchlässige Bodenschichten und Unkrautdruck, der Sorghum gar nicht in die generative Entwicklung kam, ist im Hintergrund am Feldrand aufgrund besserer Wasserverfügbarkeit eine „normale“ Entwicklung zu sehen.

Fazit der Anbauversuche

Wie eingangs schon erwähnt, gelangen die Anbauversuche im 1. Projektjahr 2021 bei zwei der fünf Betriebe nicht oder nur unzureichend. Aufgrund dieser negativen Erfahrungen entschieden sich diese Betriebe, dass Kornsorghum für sie nicht geeignet ist und wiederholten den Anbau nicht. Darunter war mit dem „Sonnenhof“ auch ein Biobetrieb. Daraus lässt sich aber nicht ableiten, dass Kornsorghum nicht für den Ökolandbau geeignet sei, was z. B. auch entsprechende Erfahrungen aus Österreich widerlegen. Die Schwierigkeiten für die Etablierung des Sorghum und den hohen Unkrautdruck sind hier eher schlagspezifisch zu sehen, in Verbindung mit einem aufgrund der Höhenlage eher Grenzstandort für Sorghum, und dem feucht-kalten Frühjahr 2021. Für den Betrieb Ess in der Wetterau war die bei aktuellem Kornsorghum-Sortenmaterial nahezu immer notwendige Trocknung aufgrund der mangelnden betriebseigenen Möglichkeiten das K.o.-Kriterium für einen weiteren Anbau.

Die drei Betriebe, die auch 2022 wieder Kornsorghum anbauten, schätzten ihn vor allem als einfach zu führende und somit zeit- und kostensparende Kultur, da nach Aussaat und Herbizidmaßnahme bis zur Ernte keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Als wichtige Zuchtziele werden seitens der Landwirte vor allem Frühreife bzw. möglichst niedrige Kornfeuchte zwecks geringer Trocknungskosten, sowie leichte Beerntbarkeit mit einem hohen Abstand der Rispe zu den oberen Blättern angesehen. Hinsichtlich der Bedeutung von Kurzstrohigkeit bzw. niedriger Pflanzhöhe waren die Einschätzungen uneins. Während der Betrieb Rechel klar kurze Sorten präferiert, sind für den Betrieb Ries auch Sorten mit größerer Wuchshöhe als die bestehenden akzeptabel und werden wegen der damit verbundenen besseren Unkrautunterdrückung sogar als vorteilhaft betrachtet. Unterschiede in der Akzeptanz zwischen tanninfreien und tanninhaltigen Sorten als Hühnerfutter wurden beim Betrieb Ries nicht festgestellt. Wildschäden durch Vogelfraß oder Wildschweine wurden nicht oder nur ganz minimal beobachtet. Als Problem wird die Vermarktung bzw. Abnahme bei einer über den Eigenbedarf in der Fütterung hinausgehenden Erntemenge gesehen, so wollte die lokale RWZ nach Auskunft von Thomas Rechel die Ernte nicht annehmen.

Der Betrieb Rechel wird 2023 wieder ca. 1 ha für den Eigenbedarf anbauen und versuchen sich Vermarktungsmöglichkeiten zu erschließen. Sollte die Vermarktung gesichert sein, würde er gerne den Anbau auf ca. 5-10 ha ausdehnen. Auch der Betrieb Ries möchte 2023- trotz der negativen Erfahrungen aus dem Vorjahr- wieder für den Eigenbedarf Kornsorghum anbauen. Demgegenüber möchte der Betrieb Dietz in der Wetterau zunächst den Kornsorghumanbau nicht weiter fortsetzen. Torsten Dietz sieht Sorghum als interessante und einfach zu führende Kultur positiv, allerdings das Erreichen der Druschreife an seinem Standort (2021 nicht erreicht und auch 2022 später als aufgrund der Witterung zunächst erwartet) als kritischen Faktor für die Sicherheit bei der Futtermittelproduktion. Aufgrund dieser Gegebenheit könnte er nur einen relativ kleinen Anteil seiner Fruchtfolge Sorghum widmen. Für seinen Standort bedarf es seiner Einschätzungen nach Sorten, die mindestens noch eine Woche früher als das aktuell früheste marktverfügbare Material sind.

Die bei den Anbauversuchen erzielten Erfahrungen und Präferenzen der Landwirte sind ein wertvolles Feedback für das laufende JLU-Zuchtprogramm und werden dort bei den laufenden Selektionsentscheidungen berücksichtigt.

Entwicklung und Selektion neuen, lokal-adaptierten Zuchtmaterials

Auch für die Züchtung von neuen, lokal besser adaptierten Zuchtstämmen waren die beiden stark kontrastierenden Jahre 2021 und 2022 vorteilhaft, da so eine Selektion auf verschiedene Zielmerkmale erfolgen konnte.

2021 war ein geeignetes Jahr für eine effiziente Selektion auf frühreife und kältetolerante Zuchtstämme. In Versuchen am JLU-Standort Groß-Gerau konnten in Leistungsprüfungen zahlreiche neue, interessante Testhybriden identifiziert werden, welche hinsichtlich Ertrag, Frühreife und Kältetoleranz eine Verbesserung gegenüber bestehendem Sortenmaterial darstellen (siehe Abb. 5). Unter Berücksichtigung wichtiger Pflanzenarchitekturmerkmale (Wuchshöhe, Abstand Rispe-oberstes Blatt) wurden daraus interessante Hybridkombinationen selektiert, welche im Winterzuchtgarten des assoziierten Partners Agrobal Servicios 2021/22 erneut produziert und 2022 erneut getestet wurden.



Abb. 5: Leistungsprüfung verschiedener Kornsorghum Sorten und –Zuchtstämme am Standort Groß-Gerau in 2021

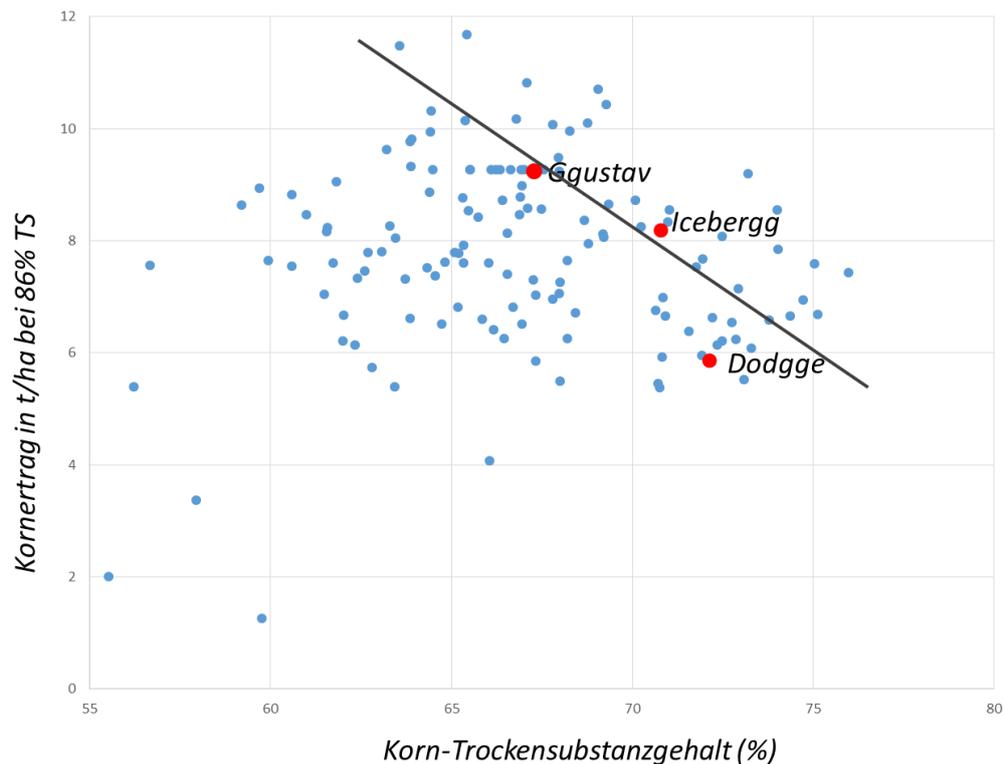


Abb. 6: Ergebnisse einer Leistungsprüfung zur Selektion neuer Testhybriden aus Groß-Gerau 2021. Blaue Punkte: JLU-Testhybriden; rote Punkte: Vergleichssorten. Testhybriden oberhalb rechts der Linie zeigen hinsichtlich Ertrag und/oder Korn-Trockensubstanzgehalt eine bessere Leistung als die Vergleichssorten und wurden selektiert.

2022 wurden die Testhybriden (bestehend aus in 2021 selektiertem und einer großen Menge neuem Material) neben Groß-Gerau in Kooperation mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) auch in Schwarzenau/Unterfranken (Landkreis Kitzingen) geprüft. Aufgrund der warmen Witterung war in 2022 keine Selektion auf Kältetoleranz im Feld möglich. Neben der allg. Selektion auf Ertrag und agronomische Eigenschaften konnte in Groß-Gerau eine gute Selektion auf Standfestigkeit zur Abreife erfolgen. Aufgrund der extremen Trockenheit und des relativ hohen Totwasseranteils des dortigen Auenbodens starben die Restpflanzen zur physiologischen Kornreife Ende August rasch ab. Zahlreiche Testhybriden und auch Standardsorten reagierten auf diesen terminalen Trockenstress mit Lager, andere blieben bis zur Ernte Anfang Oktober perfekt standfest. Die Erträge in Groß-Gerau waren durch die stark verkürzte Kornfüllungsphase wesentlich niedriger als 2021 und lagen im Mittel bei 40-50 dt/ha.

Demgegenüber war in Schwarzenau dank des tiefgründigen Lössbodens visuell kein Trockenstress zu erkennen, und die Restpflanzen blieben bis zur Ernte weitgehend grün. Auffällig war jedoch, dass nur sehr wenige Bestockungstriebe ausgebildet wurden, was eine Reaktion der Pflanzen auf Wassermangel darstellt. Die besten Hybriden erzielten hohe Erträge von 85 dt/ha und lagen damit 6% über dem lokalen Ertragsniveau von Körnermais. Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass aufgrund der Saatgutverfügbarkeit (Lieferung aus Mexiko und anschließende Vorbereitung) die Aussaat von Sorghum erst Mitte Mai erfolgen konnte, während Körnermais bereits am 20. April gesät wurde und noch mehr von der Frühjahrsfeuchte profitieren konnte. Bei einer früheren Aussaat von Kornsorghum, wie sie 2022 aufgrund der Temperaturen möglich gewesen wäre, wäre der Ertragsvorsprung des Sorghum sicher noch höher ausgefallen. Daher ist auch Kältetoleranz im Jugendstadium ein sehr wichtiges Zuchtziel, um durch frühere Aussaattermine neben einer Verlängerung der Vegetationszeit auch eine bessere Ausnutzung der Frühjahrsfeuchtigkeit zu ermöglichen.

Wie in den Abb. 7 zu sehen ist, war die Anzahl der Testhybriden mit besserer Ertragsleistung als die Standardsorten in 2022 geringer als in 2021. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Bedingungen hinsichtlich Wärmesumme und Sonneneinstrahlung in 2022 eher den Regionen (Südfrankreich, Ungarn), in welchen die Standardsorten gezüchtet wurden, entsprachen, und der relative Vorteil hinsichtlich Kältetoleranz des JLU-Materials weniger entscheidend war als in 2021.

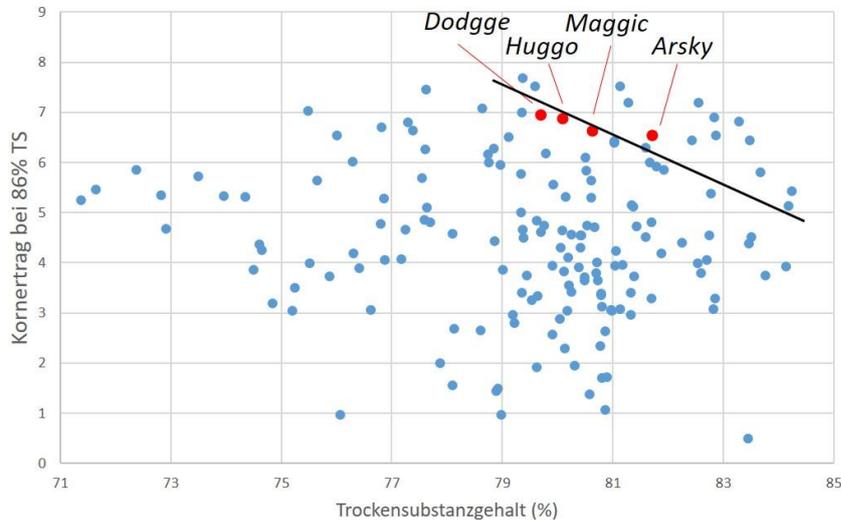


Abb. 7: Ergebnisse einer Leistungsprüfung mit Kornsorghum-Testhybriden aus Groß-Gerau 2022. Blaue Punkte: JLU-Testhybriden; rote Punkte: Vergleichssorten. Testhybriden oberhalb rechts der Linie zeigen hinsichtlich Ertrag und/oder Korn-Trockensubstanzgehalt eine bessere Leistung als die Vergleichssorten.



Abb. 8: Ansicht der Kornsorghum-Leistungsprüfung in Groß-Gerau am 2. September 2022. Aufgrund der starken Trockenheit sind zur physiologischen Kornreife bereits Absterbe-Erscheinungen der Restpflanzen zu beobachten, was ein für Mitteleuropa eher ungewöhnliches Phänomen darstellt.



Abb. 9: Ansicht der Leistungsprüfung in Schwarzenau/Unterfranken am 21. September 2022. Dank des tiefgründigen Löss trat kein Trockenstress auf, und die Restpflanzen blieben bis zum Ende grün.

Hybriden mit einer unter hessischen Bedingungen besseren Leistung als bestehende, marktverfügbare Sorten stellen eine Innovation dar. JLU beabsichtigt, diese durch Kooperation mit Saatgutfirmen in den nächsten Jahren für heimische Landwirte verfügbar zu machen.

Neben der Prüfung neuer Testhybriden als möglicher Sortenkandidaten stellte die Entwicklung neuer, verbesserter Elternkomponenten einen Schwerpunkt der JLU-Arbeiten dar. Sie sind die Basis für mittelfristig hinsichtlich Stresstoleranz und Ertragspotenzial weiter verbesserte F1-Hybriden. Die Nutzung des Winterzuchtgartens in Mexiko (assoziiertes Partner Agrobial Servicios) erlaubte hier einen entscheidenden Zeitgewinn, da hierdurch zwei Generationen pro Jahr und somit ein schnelleres Erreichen der Homozygotie, d. h. die genetische Fixierung und Prüfung neuer Inzuchtlinien, möglich wurde. Während der Vorhabenslaufzeit wurden 2123 neu entwickelte Linien in Groß-Gerau angebaut, geprüft und vermehrt. Daraus wurden 140 Linien (ca. 7%) als geeignet selektiert und für die weitere Züchtung genutzt. Ebenso wurde die Entwicklung neuer, steriler Mutterlinien mit verbesserter Kältetoleranz und Frühreife, auch unter Einbeziehung bisher wenig genutzter Cytoplasma-Systeme, durch Rückkreuzungen („CMS-Konversion“) vorangetrieben. Diese Entwicklungen von neuem Zuchtmaterial mit wesentlich verbesserter lokaler Adaptation in Hessen stellt eine wichtige Innovation für die heimische Sorghumzüchtung dar.



Abb. 10: Teilansicht des Sorghum-Zuchtgartens in Groß-Gerau 2022. Die Tüten über den Rispen dienen der Erzeugung von sog. „Selbstungen“, in denen eine Fremdbestäubung durch Pollen der Nachbarpflanzen ausgeschlossen und somit die Zuchtlinien sortenrein erhalten werden können. Diese Selbstungen werden zur Reife per Hand geerntet und ausgedroschen.

Die Kältetoleranz einer hohen Anzahl Zuchtlinien ($n > 350$) wurde während der Projektlaufzeit in Feld- und Gewächshausversuchen untersucht. Als neues, bisher kaum untersuchtes Merkmal wurde auf die Frosttoleranz von Sorghum fokussiert. Oft wird hier die Meinung vertreten, Sorghum vertrage absolut keinen Frost und sei erst für eine Aussaat nach den Eisheiligen zu empfehlen. Um dies zu überprüfen, wurde im zeitigen Frühjahr 2022 und 2023 eine hohe Anzahl Genotypen unter warmen Bedingungen in Aussaatplatten im JLU-Gewächshaus gekeimt und angezogen, und anschließend im Freien drei Nächten mit Tiefsttemperaturen von bis zu -3 °C ausgesetzt. Hiermit sollte bewusst ein typisches Szenario im Frühjahr zur Sorghumaussaat simuliert werden, in dem es nach warmen, für die Aussaat und Aufgang günstigen Tagen nochmal zu einem leichten Spätfrost kommt. Wie erwartet zeigten sich beim Überleben dieses Frostereignisses große Unterschiede zwischen den Zuchtstämmen. Zahlreiche Zuchtstämme überlebten diesen Frost aber ohne oder mit nur sehr geringen Verlusten. Die entsprechenden Genotypen wurden selektiert und werden für den Aufbau neuer Populationen mit verbesserter Frosttoleranz genutzt.

Das Ergebnis des Frosttests deckt sich mit den Beobachtungen des Landwirts Thomas Rechel, dass Sorghum auch im kalten Frühjahr 2021 die Aussaat Ende April und einen leichten Nachtfrost Mitte Mai nach Aufgang gut verkraften konnte. Daher sollte die Aussaat gerade von Kornsorghum tendenziell so früh wie möglich ab Ende April (ggf. mit etwas erhöhter Aussaatstärke) erfolgen, um eine möglichst lange Vegetationszeit mit früherer Blüte, verbesserter Abreife und stärkerer Ausnutzung der Winterfeuchte zu ermöglichen.



Abb. 11: Feldversuch zur Kältetoleranz unterschiedlicher Sorghum-Zuchtstämme in Groß-Gerau, Ende April 2021. V.l.n.r. semi-toleranter Genotyp, toleranter Genotyp, sensitiver Genotyp gegenüber kalten Temperaturen bei früher Aussaat.



Abb. 12 oben: Anzucht der Genotypen für den Frostversuch im Gewächshaus unter warmen Bedingungen; unten links: Zählung der überlebenden Pflanzen nach dem Frost, unten rechts: Bonitur der Schäden an den Pflanzen nach dem Frostereignis

Die bei den Frosttests erzielten Daten bieten eine solide Grundlage für genomweite Assoziationsstudien (GWAS). Wie in Abb. 13 zu erkennen ist, handelt es sich bei der Frosttoleranz um ein vorrangig quantitatives Merkmal, welches durch eine Vielzahl Gene mit jeweils kleinen Effekten beeinflusst wird. Für die züchterische Verbesserung solcher quantitativen Merkmale ist eine genomische Selektion zielführender als eine markergestützte Selektion, wie sie z. B. bei bestimmten Krankheitsresistenz-Genen möglich ist. Die hier identifizierten Marker-Merkmal-Assoziationen, wie z. B. auf dem Sorghum-Chromosom 2, sind aber dennoch sehr interessant, da sie Hinweise auf beteiligte Gene und die zu Grund liegenden physiologischen Prozesse liefern.

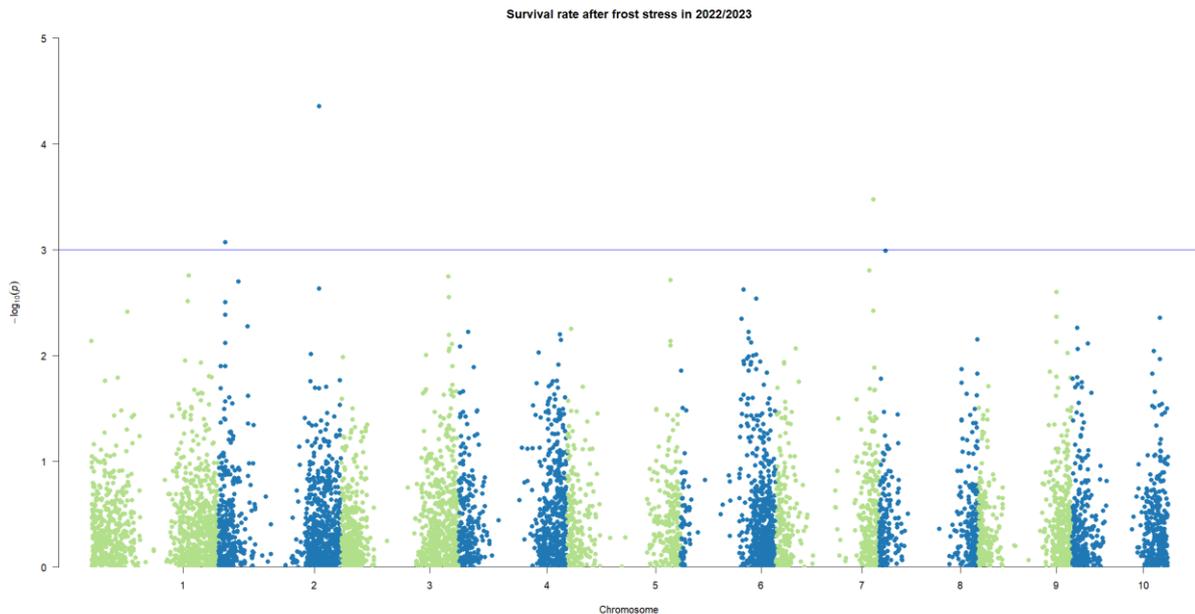


Abb. 13: Darstellung der Marker-Merkmal-Assoziationen ("Manhattan-Plot") einer genomweiten Assoziationsstudie (GWAS) für das Merkmal Überlebensrate nach kurzen Frostereignissen. Auf der x-Achse sind die zehn Sorghum-Chromosomen und auf der y-Achse der negative dekadische Logarithmus der p-Werte dargestellt. Einzelne Punkte stellen hierbei genetische Marker dar. Je höher die Punkte liegen, desto stärker sind die entsprechenden Marker mit dem Merkmal assoziiert. Der Schwellenwert für Signifikanz ($p < 0.001$) wird durch die blaue Linie angezeigt. Die mit dem Merkmal Frosttoleranz assoziierten Regionen befinden sich auf den Chromosomen Sb02 und Sb07.

Neben der abiotischen Stresstoleranz wurden bei der Selektion neuen Zuchtmaterials auch Qualitätsaspekte berücksichtigt. Es wurden sowohl vielversprechende Testhybriden mit tanninfreien Körnern (Standard für Tierernährung in Europa), als auch mit stark tanninhaltigen Samen selektiert. Diese sind für die Tierernährung wegen einer leicht verringerten Kalorienaufnahme zwar nachteilig, andererseits wegen ihres hohen Gehalts an Polyphenolen (Antioxidantien) für die menschliche Ernährung aber vorteilhaft. Eine qualitative Untersuchung zur Unterscheidung tanninfrei versus tanninhaltig wurden Testhybriden und Zuchtlinien mit dem sogenannten „Bleachtest“ analysiert, bei der die Sorghumkörner mit einer alkalischen Natriumhypochlorit-Lösung behandelt werden und eine daraus resultierende Farbveränderung Tannine anzeigt (s. u.). Dieser Test ist schnell und kostengünstig durchzuführen, ermöglicht aber nur einen qualitativen Nachweis.



Abb. 14: Qualitativer Tannin-Nachweis in Sorghumkörnern mittels Bleichtest („Bleichtest“). Eine dunkle Verfärbung nach Behandlung mit Natriumhypochlorit zeigt vorhandene Tannine an.

Ein quantitativer Nachweis ist mittels eines wesentlich aufwendigeren HCl-Vanillin-Aufschlusses und anschließender fotometrischer Bestimmung möglich. Ziel war es daher, für eine quantitative Hochdurchsatzanalytik eine NIRS-Kalibration zu entwickeln. Als Referenz dienten dabei die mit HCl-Vanillin-Aufschluss an n=121 Genotypen erzielten Ergebnisse.

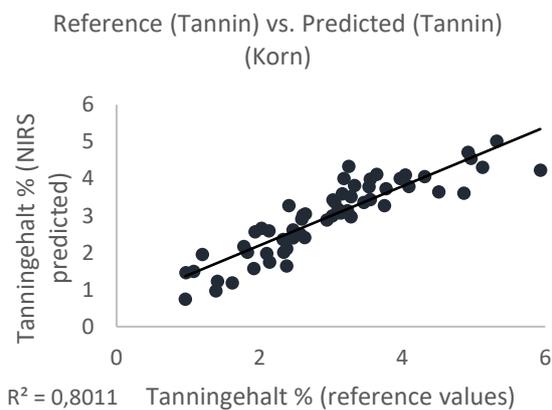


Abb. 15: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Tanningehalt beim intakten Sorghumkorn.

Wie in Abb. 15 zu sehen ist, konnte für Tanningehalte eine NIRS-Kalibrationsgenauigkeit (R^2) von ca. 80% erzielt werden. Diese Güte ist für die vorrangige Unterscheidung zwischen Extremen (tanninfreie oder niedrig-Tanningenotypen versus hoch-Tannin Genotypen) ausreichend und wird als im Vorhaben erzielte Innovation die Qualitätszüchtung bei Kornsorghum wesentlich effizienter gestalten.

Neben Tanninen wurden am gleichen Genotypen-Set (n=121) auch NIRS-Kalibrationen für die wichtigsten Korninhaltsstoffe Stärke und Protein entwickelt. Referenz für die Kalibration der Stärke war dabei die sog. Hexokinase-Methode, für die Kalibration des Protein- bzw. N-Gehalts eine Stickstoffbestimmung mittels eines CHNS(O)-Analysators der Firma „elementar“. Für den Stärkehalt konnte leider nur eine Kalibrationsgenauigkeit (R^2) von 56% erzielt werden (s. u.). Bei dieser Güte ist nur eine Vorauswahl extremer Genotypen möglich, welche anschließend aber noch mittels biochemischer Analysen verifiziert werden sollten. Limitierend für die Kalibrierung war vermutlich die verwendete Hexokinase-Methode. Ggf. kann hier mit anderen (aber leider wesentlich teureren Methoden) eine bessere Referenz geschaffen werden. Demgegenüber konnte für den Stickstoffgehalt

wie erwartet eine sehr zufriedenstellende Kalibrationsgenauigkeit von 94% erzielt werden. Damit können auch kleinere Unterschiede im Proteingehalt zuverlässig festgestellt werden.

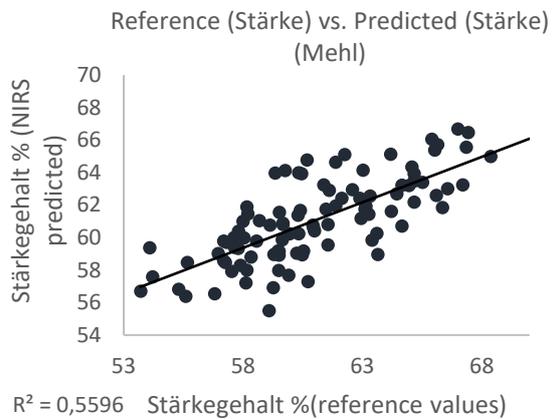


Abb. 16: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Stärkegehalt beim intakten Sorghumkorn.

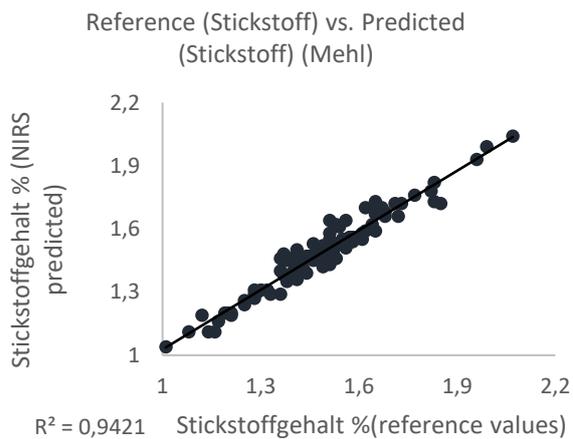


Abb. 17: Grafische Regression der NIRS-Vorhersage und der Referenzwerte für den Stickstoffgehalt beim Sorghummehl. Bei einem intakten Korn lag die Vorhersagegenauigkeit etwas niedriger ($R^2=0,853$).

Versuche zur pflanzenbaulichen Optimierung

Unter hessischen Anbaubedingungen lagen bisher keine Informationen zur optimalen Anbaugestaltung von Kornsorghum vor. Zur Klärung zentraler pflanzenbaulicher Parameter führte der LLH während der zweijährigen Projektlaufzeit einen Bestandesführungsversuch und einen Düngungsversuch als mehrfaktorielle Exaktversuche an den Versuchsstandorten Griesheim und Friedberg durch (Tab. 1).

Ziel des Bestandesführungsversuches war die Ermittlung des optimalen Reihenabstandes (Anbausystem/Saattechnik) und der Bestandesdichte für zwei Sorten mit unterschiedlichem Habitus (Bestandesdichtetyp vs. Einzelpflanzentyp). Untersucht wurden die Fragestellungen:

- (1) Welchen Einfluss haben Saattechnik und Saatstärke auf den Ertrag von Kornsorghum?
- (2) Gibt es Wechselwirkungen von Saattechnik und Aussaatdichte in Hinblick auf den Ertrag?
- (3) Reagieren verschiedene Kornsorghumtypen unterschiedlich auf Saattechnik und Saatstärke?

Der Düngungsversuch hatte zum Ziel, den Einfluss unterschiedlicher N-Düngungsniveaus und -zeitpunkte auf Ertrag und Qualität zu untersuchen.

Tabelle 1: Übersicht der pflanzenbaulichen Exaktversuche des LLH im EIP Kornsorghum

	Versuch 1: Bestandesführung	Versuch 2: N-Düngung
Versuchs- beschreibung	Einfluss des Reihenabstands (Saattechnik) und der Bestandesdichte auf den Kornertrag von zwei verschiedenen Kornsorghum-Hybriden (Einzelpflanzen vs. Bestandesdichtentyp).	N-Steigerungsversuch: Einfluss auf Ertrag und Qualität bei unterschiedlichen Applikationszeitpunkten.
Methode / Versuchsdesign	Aufteilung in zwei Spaltanlagen für jede Sorte (zweifaktoriell) / Splitdesign; dabei Technik als Spalte angelegt	Blockversuch (zweifaktoriell)
Faktoren	Sorte (2), Reihenabstand (3), Bestandesdichte (3)	N-Stufe (5), Zeitpunkt & Anzahl Applikationen (2)
Faktorstufen	Sorte: RGT Dodge, A108 x SB16102 (JLU-Testhybride) (Bestandesdichte- vs. Einzelpflanzentyp) Reihenabstand: 75 cm (Einzelkornsaat), 37,5 cm (Einzelkornsaat), 12,5 cm (Drillsaat) Bestandesdichte: 25, 30, 35 Pflanzen/m ²	N-Stufe (unter Berücksichtigung N _{min}): 0, 40, 80, 120, 160 kg / ha Zeitpunkt und Anzahl Applikationen: 1 Applikation: KAS; Zeitpunkt: Saat 2 Applikationen: 2x KAS (Aufteilung 50/50); Zeitpunkte: Saat, zum 5-Blattstadium ca. 4 Wochen nach Aufgang
Standorte	Friedberg, Griesheim	Friedberg, Griesheim

Bestandesführungsversuch

In zwei Jahren (2021, 2022) wurde an zwei Standorten (LLH Friedberg, LLH Griesheim) jeweils ein Exaktversuch zur Überprüfung der optimalen Saattechnik und Saatstärke bei zwei verschiedenen Sortentypen angelegt. Die Kombination von Standort und Jahr (z. B. Griesheim 2022) ergibt im Folgenden einen Versuch, so dass insgesamt vier Versuche angelegt wurden. Die Aussaat der Versuche in Friedberg erfolgte am 20./21.05.2021 und 27.05.2022, in Griesheim am 28./29.05.2021 und

25.05.2022. Aufgrund eines sehr ungleichmäßigen und schlechten Feldaufgangs musste der Versuch „Friedberg 2021“ verworfen werden. Die Saattechnikvarianten wurden repräsentativ entsprechend der auf den Betrieben vorhandenen Saattechnik (Mais-, Rüben- oder Getreideaussaat) gewählt. Es wurden Bonituren zu den phänologischen Daten (Jugendentwicklung, Blüte, Reife) sowie Mängel in der Entwicklung erhoben. Der Unkrautdruck blieb in den vollständig durchgeführten Versuchen gering und die Entwicklung verlief ohne festzustellende Mängel oder Krankheitsbefall. Darüber hinaus wurden Daten zur Rispengröße, Pflanzenlänge und die tatsächliche jeweilige Bestandesdichte erhoben. Die Versuchsbeerntung konnte in Griesheim am 10.11.2021 und 21.10.2022 sowie in Friedberg am 26.10.2022 durchgeführt werden. Als Zielmerkmal wurde der Kornertrag bei 86 % TS in dt/ha erhoben. Die Restfeuchte im Korn zur Ernte lag im Mittel in Griesheim 2021 bei 25% für RGT Dodge und 38% für die Testhybride A108 x SB16102. Im Jahr 2022 lagen die Restfeuchten bei beiden Versuchen und Sorten zwischen 20% und 24%.



Abb. 18: Bestandesführungsversuch 2021 des LLH am Standort Griesheim.

Im Mittel jedes Versuchs wurde ein Ertrag von 80,62 dt/ha (Griesheim 2022), 84,54 dt/ha (Friedberg 2022) und 91,85 dt/ha (Griesheim 2021) festgestellt. Im Mittel aller Versuche wurde ein Kornertrag von 84,13 dt/ha bei DS 12,5 cm, 82,36 dt/ha bei EK 75 cm und 90,53 dt/ha bei EK 75 cm ermittelt. Die Ertragsleistung in Abhängigkeit von der Bestandesdichte variierte über alle Versuche zwischen 82,87 dt/ha (25 Pfl/m²) und 87,42 dt/ha (35 Pfl/m²).

Die Zusammenfassung der Kornertragsergebnisse (Mittelwertvergleiche) ist in Abbildung 19 dargestellt. Die Schlussfolgerungen sind je nach Versuch unterschiedlich. Ein nachweisbarer Effekt der Aussaatstärke konnte in keinem der Versuche festgestellt werden, weshalb dieser Faktor in den Versuchsergebnissen nicht dargestellt wird.

In Friedberg 2022 konnten mit der Einzelkornsaat signifikant höhere Erträge erzielt werden als mit der Drillsaat. Der Ertragsunterschied zwischen Drillsaat und Einzelkornsaat betrug ca. 20 dt/ha. Dies ist auf die Witterungsbedingungen nach der Aussaat zurückzuführen. Unmittelbar nach der Aussaat Ende Mai folgte eine Trocken- und Hitzeperiode. Die Einzelkornsaatvarianten konnten technisch bedingt in eine feuchtere, tiefere Bodenschicht abgelegt werden, während bei der Drillsaat der Oberboden aufgebrochen wurde und kein guter Bodenschluss vorhanden war. Ertragsunterschiede in

Abhängigkeit vom Reihenabstand waren zwischen den Einzelkornvarianten nicht festzustellen. In Friedberg 2022 unterschieden sich die Sortenleistungen grundsätzlich nicht.

In Griesheim 2022 gab es kaum Unterschiede in der Ertragsleistung. Hier variierten die Erträge im Mittel um 80 dt/ha. Lediglich ein Unterschied in der Saattechnik zwischen den Varianten DS 12,5 cm und EK 75 cm bei RGT Dodge konnte ermittelt werden, wobei der Ertrag bei Einzelkornsaat geringer ausfiel. Bei mittlerem Reihenabstand (EK 37,5 cm) waren diese Unterschiede nicht vorhanden. Auch bei der Testhybride konnten keine Unterschiede in der Ertragsleistung in Abhängigkeit von der Saattechnik festgestellt werden.

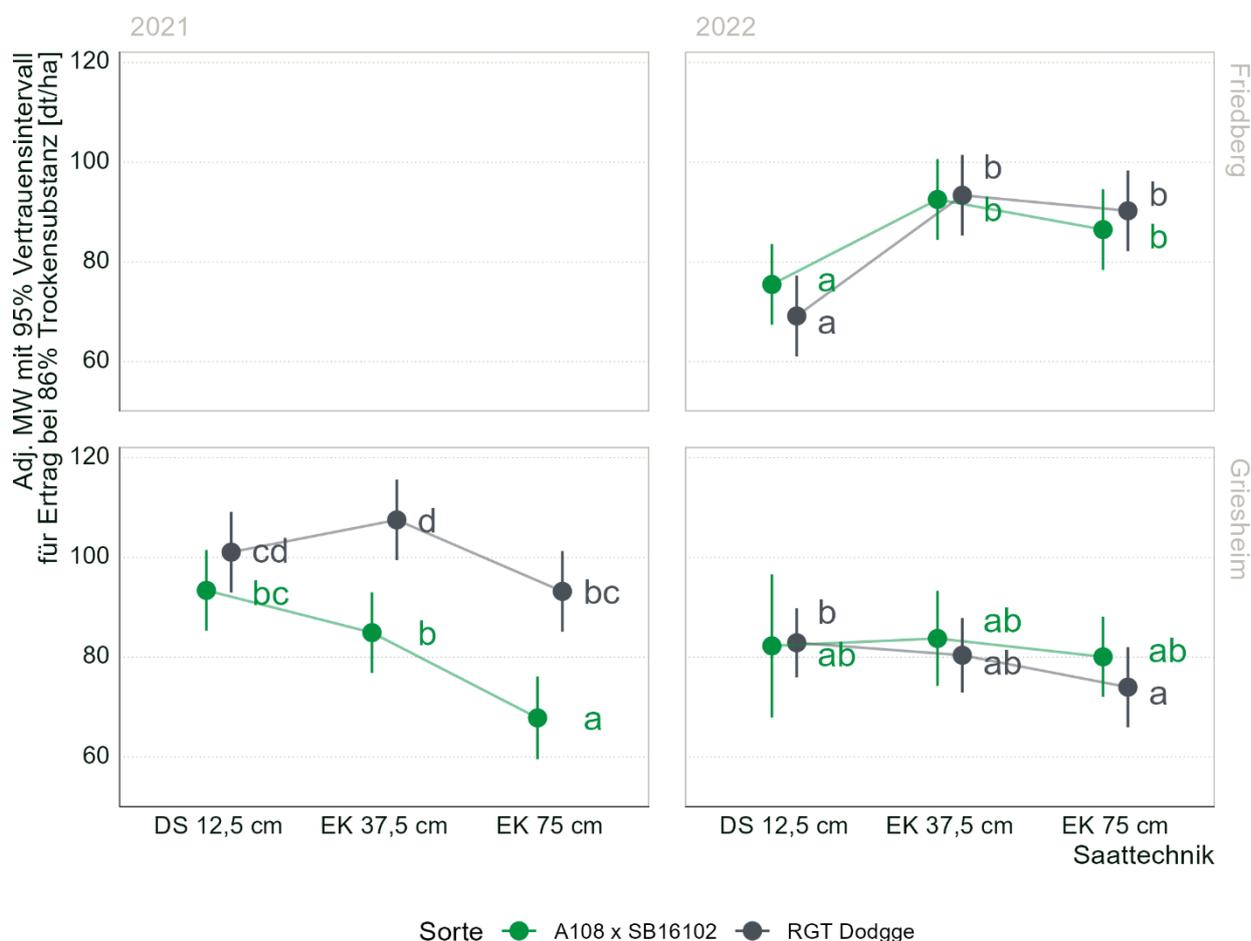


Abb. 19: Mittlerer Kornertrag (86% TS) der jeweiligen Einzelversuche bei unterschiedlichen Saattechniken und Sorten. EK 75 cm = Einzelkornsaat 75 cm Reihenabstand, EK 37,5 cm = Einzelkornsaat 37,5 cm Reihenabstand, DS 12,5 cm = Drillsaat 12,5 cm Reihenabstand. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Saattechniken-Sortenkombinationen ($p < 0,05$) innerhalb eines Versuchs (= Ort und Jahr) an.

Während die Sorten in den Versuchen 2022 nicht unterschiedlich auf die Saattechnik reagierten, war dies in Griesheim 2021 der Fall. Hier wurden signifikante Ertragsunterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Damit konnte eine Wechselwirkung zwischen Saattechnik und Sorte nachgewiesen werden. Insgesamt waren die Erträge der Testhybriden (mit Ausnahme von DS 12,5 cm) niedriger als die von RGT Dodge. Die höchsten Erträge erzielten die Testhybriden bei DS 12,5 cm und EK 37,5 cm. In der Variante EK 75 cm war der Ertrag um ca. 20 dt/ha geringer als bei DS 12,5 cm. RGT Dodge erzielte den höchsten Ertrag bei EK 37,5 cm, jedoch ohne signifikanten Unterschied zu DS 12,5 cm. Der Ertrag

der Variante EK 75 cm war geringer als bei EK 37,5 cm, aber nicht geringer als bei DS 12,5 cm. Daraus kann geschlossen werden, dass beide Sorten im Jahr 2021 Defizite in der Ertragsbildung unter EK 75 cm aufwiesen. Auch die Restfeuchten der Sorten lagen in diesem Versuch auf unterschiedlichem Niveau. Während in trockenen Jahren die Drillsaat in Friedberg 2022 zu geringeren Erträgen führte, könnte dieser Effekt in Griesheim 2021 unter deutlich niederschlagsreicheren Bedingungen das Gegenteil bewirkt haben.

Auf der Grundlage der dargestellten Versuchsergebnisse lässt sich abschließend zusammenfassen, dass der quantitative Anbauerfolg von Kornsorghum in Hessen stark jahres- und standortabhängig ist. Grundsätzlich kann mit jeder im Betrieb vorhandenen Sätechnik ein hohes Ertragspotenzial erreicht werden, jedoch immer in Abhängigkeit des Jahresverlaufes. Vor allem die Aussaatbedingungen und der Witterungsverlauf während der Jugendentwicklung bestimmen maßgeblich den Anbauerfolg. Ungünstige Bedingungen, wie anhaltende Nässe während der Hauptvegetationszeit, führen zu einer unzureichenden Abreife und damit zu einer unzureichenden Ertragssicherheit der Sorten. Auch zu wenig Feuchtigkeit während der frühen Entwicklung kann zu Ertragseinbußen führen. Grundsätzlich führte aber ein mittlerer Reihenabstand ähnlich der Rübentechnik (hier: Einzelkornsaat 37,5 cm) in allen Versuchsjahren bei beiden Sortentypen zuverlässig zu hohen Erträgen, so dass diese Technik für die Aussaat von Kornsorghum empfohlen wird.

N-Düngungsversuch

Zur Überprüfung der optimalen N-Versorgung wurde analog zu den Bestandesführungsversuchen in zwei Jahren (2021, 2022) jeweils ein Exaktversuch an zwei Standorten (LLH Friedberg, LLH Griesheim) angelegt, ausgesät und geerntet (Tab. 1). Auch der N-Düngungsversuch Friedberg 2021 war durch einen sehr ungleichmäßigen und schlechten Feldaufgang gekennzeichnet, so dass der Versuch verworfen werden musste. Aufgrund des vergleichsweise geringen N-Düngebedarfs von 120 kg/ha wurden fünf Düngungsstufen in 20 kg/ha Abstufungen gewählt. Durch die späte Aussaat im Frühjahr wiesen die Versuchsflächen nach Bodenproben vor der Aussaat erhöhte N_{min}-Gehalte auf. In Griesheim 2021 lag der N_{min}-Gehalt am 06.05.2021 bereits vor der Aussaat bei 136 kg/ha. Damit war eine Differenzierung der Düngung nach den vorgegebenen Düngestufen nicht mehr möglich. Ein für die Durchführung eines N-Düngungsversuches zu hoher N_{min}-Gehalt auf der Versuchsfläche wurde auch bei Griesheim 2022 festgestellt, so dass beide Versuche verworfen werden mussten. Lediglich Friedberg 2022 konnte mit einem Frühjahrs-N_{min}-Gehalt von 52 kg/ha für einen Düngungsversuch genutzt werden. Dieser wurde bei der Versuchsdüngung gemäß Versuchsplan berücksichtigt und angerechnet. Die erste Düngergabe gemäß Versuchsplan erfolgte Anfang Juni, die zweite Ende Juni. Auch im N-Düngungsversuch wurden Bonituren zu phänologischen Terminen (Jugendentwicklung, Blüte, Abreife) sowie zu Mängeln in der Entwicklung durchgeführt. Zur Erfassung der N-Verwertung wurden im Düngungsversuch zusätzlich parzellenweise N_{min}-Bodenproben entnommen. Als Zielparame-ter wurden der Ertrag sowie Qualitätsparameter (Korninhaltsstoffe) erfasst.

Da am Ende des Projektes nur ein auswertbarer Versuch zur Verfügung stand, ist die Datenbasis für eine umfassende Bewertung der N-Düngung unzureichend. Die im Versuch „Friedberg 2022“ erzielten Erträge können als erste Tendenzen für Folgeversuche herangezogen werden.

Im Mittel über alle Varianten wurde im Versuch „Friedberg 2022“ ein Ertrag von 79,66 dt/ha erzielt. Unabhängig vom Düngungstermin wurde ohne Düngung mit 76,9 dt/ha der geringste Ertrag erzielt. Mit zunehmender Düngung stieg der Ertrag bis zu einem Maximum von 86,6 dt/ha bei 120 kg N/ha. Bei einer Düngung von 160 kg N/ha wurde ein Ertrag von 79,7 dt/ha erzielt. Werden zusätzlich die

Applikationstermine berücksichtigt, zeigten sich ähnliche Ertragsniveaus (Tab. 2). Die höchsten Erträge wurden bei den Varianten mit 120 kg N/ha erzielt, wobei der Ertragswert bei einem Düngungstermin zur Aussaat höher lag. Interessant ist auch, dass bei einer Düngung von 160 kg N/ha das Ertragsniveau wieder abnahm, wobei dieses bei einer Aufteilung der Düngung in zwei Gaben geringer ausfiel

Tabelle 2: Mittelwert und Streumaße des Kornertrags (86% TS) nach Düngungsstufen des N-Düngungsversuch Friedberg 2022. N=Stichprobenanzahl, MW=Mittelwert, StdAbw=Standardabweichung, IQA=Interquartilsabstand, Min=Minimum, Med=Median, Max=Maximum.

Variable	Dünge- menge (kg/ha)	Appli- kation	N	MW (dt/ha)	Std Abw (dt/ha)	IQA (dt/ha)	Min (dt/ha)	Med (dt/ha)	Max (dt/ha)
Ertrag (86% TS)	0		4	76.9	5.1	6.8	71.3	76.8	82.7
Ertrag (86% TS)	40	1	4	77.5	15.3	12.7	55.1	83.2	88.5
Ertrag (86% TS)	40	2	4	77.3	9	13.3	69.7	75.8	87.9
Ertrag (86% TS)	80	1	4	80	10.6	11.5	67.7	79.7	92.8
Ertrag (86% TS)	80	2	4	81.4	2.7	2.9	79	80.7	85.1
Ertrag (86% TS)	120	1	4	84.3	10.8	8	69.6	86.1	95.6
Ertrag (86% TS)	120	2	4	82.8	6.2	3.6	73.8	84.8	88
Ertrag (86% TS)	160	1	4	81.45	6.03	8.8	74.8	81.75	87.5
Ertrag (86% TS)	160	2	4	78.03	14.06	14.6	58.4	82.05	89.6

Aufgrund der geringen Datenbasis ist jedoch eine statistische Auswertung der Ergebnisse noch nicht möglich, so dass keine gesicherten Aussagen zur N-Düngung getroffen werden können. Aufgrund der nur einortigen Ergebnisse wurde hier auch auf eine Analyse der Korninhaltsstoffe verzichtet. Tendenzen zur Bestätigung des optimalen N-Bedarfs von 120 kg N/ha zeigen die ersten Versuchsergebnisse. Um eine ausreichende Datenbasis für eine Beratungsempfehlung für die hessischen Landwirte zu erhalten, sollen nach Projektende weitere Düngungsversuche zu Kornsorghum durch den LLH durchgeführt werden.

Deckungsbeitragsrechnung

Die geplante, speziell auf Hessen zugeschnittene Deckungsbeitragsrechnung gestaltete sich aufgrund der dünnen Datenlage als schwierig. Um eine vorläufige Tendenz zu erhalten, wurde ein für Österreich verwendetes und im Internet verfügbares Verfahren angewendet (<https://idb.agrarforschung.at/verfahren/konventionell/rispenhirse>). Der Erzeugerpreis wird hierbei mangels belastbarer Marktpreise für Kornsorghum mit 92% des Körnermais-Preises angesetzt. Bei diesem Modell wird deutlich, dass neben Erzeugerpreis und Ertrag vor allem auch die Kornfeuchte aufgrund der dafür anfallenden Trocknungskosten eine wichtige Rolle für den Deckungsbeitrag spielt.

Exemplarisch wurden hierfür die vom Betrieb Rechel in Südhessen in 2021 und 2022 erzielten Ertrags- und Kornfeuchtwerten mit den jeweiligen Jahres-Erzeugerpreisen verrechnet, und eine Schlaggröße von 2 ha angenommen.

Für 2021 (85 dt/ha Ertrag, 25% Kornfeuchte, damaliger Erzeugerpreis 212 €/t) ergab sich so ein Deckungsbeitrag von ca. 462 €/ha.

Für 2022 (40 dt/ha Ertrag, 18% Kornfeuchte, damaliger Erzeugerpreis Korn 308 €/t) ergab sich demgegenüber ein Deckungsbeitrag von nur ca. 91 €/ha.

Auf guten Böden in der Wetterau wurden auch im Trockenjahr 2022 mit Kornsorghum noch sehr gute Ergebnisse erzielt (z. B. >80 dt/ha in Parzellenversuchen des LLH, ca. 70 dt/ha bei 17% Kornfeuchte beim Betrieb Dietz). Für den Betrieb Dietz hätte sich so in 2022 ein Deckungsbeitrag von beachtlichen 663 €/ha ergeben.

3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Die im Vorhaben erzielten Ergebnisse leisten einen gewichtigen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen der EU für die Entwicklung des ländlichen Raums, den Zielen der EIP zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität und Nachhaltigkeit, sowie den Bedarfen laut Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2014-2020.

Beitrag zu den Prioritäten der EU für die Entwicklung des ländlichen Raums

Förderung von Wissenstransfer und Innovation in Land- und Forstwirtschaft und den ländlichen Gebieten: Die im Vorhaben erfolgte Züchtung und pflanzenbauliche Optimierung lokal adaptierter Kornsorghum-Sorten als neue Kulturart stellt eine grundlegende Innovation für die heimische Landwirtschaft dar und kann zum Aufbau neuer regionaler Wertschöpfungsketten beitragen. Die Beteiligung des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen (LLH) hat dabei einen schnellen Wissenstransfer in die landwirtschaftliche Praxis ermöglicht, was durch die Einbeziehung von als Multiplikatoren fungierenden landwirtschaftlichen Betrieben in die OG zusätzlich unterstützt wurde.

Verbesserung der Lebensfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe und der Wettbewerbsfähigkeit aller Arten von Landwirtschaft in allen Regionen und Förderung innovativer landwirtschaftlicher Techniken und nachhaltigen Waldbewirtschaftung: Das Vorhaben konnte einen Beitrag zur Etablierung von Kornsorghum als trocken- und schädlingstolerante Kulturart in Hessen leisten. Dies wird vor dem Hintergrund zunehmender Wasserknappheit die Risikoabsicherung und somit Verbesserung der Lebensfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe unterstützen. Seine vielseitige Nutzbarkeit sowohl für die Tierfütterung als auch als glutenfreies Lebensmittel kann den Aufbau neuer Wertschöpfungsketten ermöglichen und somit die Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Landwirtschaft steigern.

Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der mit der Land- und Forstwirtschaft verbundenen Ökosysteme: Sorghum besitzt zahlreiche agrarökologische Vorteile, welche sich positiv auf die landwirtschaftlichen Ökosysteme auswirken. Sorghumpollen stellt eine Proteinquelle für Bienen während der defizitären Sommermonate dar. Der Anbau von Sorghum erfolgt mit geringer Produktionsintensität und es sind keine negativen Auswirkungen durch Insektizideinsätze zu befürchten. Ferner besitzt Sorghum eine positive, mit Leguminosen vergleichbare Humusbilanz und kann somit zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit beitragen. Die durch das Innovationsvorhaben angestoßene Stärkung des Sorghumanbaus in Hessen wird somit positive Auswirkungen auf das Ökosystem zeigen.

Förderung der Ressourceneffizienz und Unterstützung des Agrar-, Nahrungsmittel- und Forstsektors beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaft: Dank seiner Trocken- und Hitzetoleranz ist Sorghum prädestiniert dafür, negative Auswirkungen des Klimawandels auf die heimische Landwirtschaft abzufedern. Die hohe Nährstoffeffizienz und geringe Produktionsintensität von Sorghum werden zu einer besseren Ressourceneffizienz landwirtschaftlicher Produktion beitragen. Die durch das Vorhaben angestoßene Entwicklung von lokal adaptierten Sorten hat dafür einen Grundstein gelegt.

Beitrag zu den Zielen der EIP „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“

Förderung eines ressourceneffizienten, wirtschaftlich lebensfähigen, produktiven, wettbewerbsfähigen, emissionsarmen, klimafreundlichen und –resistenten Agrar- und Forstsektors mit einem Hinarbeiten auf agrarökologische Produktionssysteme, der in Harmonie mit den wesentlichen natürlichen Ressourcen funktioniert, von denen die Land- und Forstwirtschaft abhängt:

Ein stärkerer Anbau von Sorghum in Hessen, zu dem das Vorhaben „SorgEnloS“ einen Beitrag geleistet hat, wird dank seiner Hitze- und Trockentoleranz, hohen Nährstoffeffizienz und geringen Produktionsintensität eine wesentliche Unterstützung in der Transformation zu einer ressourceneffizienten und klimaresistenten Landwirtschaft leisten. Die Eignung von Sorghumpollen als Proteinquelle für Bienen, sowie die positive Humusbilanz und der sehr geringe Pflanzenschutzbedarf von Sorghum stehen in konzeptionellem Einklang mit einem ressourcenschonenden Produktionssystem.

Beitrag zu einer sicheren, stetigen und nachhaltigen Versorgung mit Lebensmitteln, Futtermitteln und Biomaterialien, was sowohl bestehende als auch neue Produkte betrifft:

Kornsorghum ist vielseitig verwendbar und kann sowohl als hochwertiges Tierfutter, als auch als glutenfreies, polyphenolhaltiges Grundnahrungsmittel für die Humanernährung genutzt werden. Während diese Verwendungen international bereits etabliert sind, stellen sie für Deutschland eine interessante Produktneuerung dar. Dank seiner agrarökologischen Vorteile und hohen Hitze- und Trockentoleranz ermöglicht Sorghum eine sichere, stetige und nachhaltige Versorgung. Das geplante Vorhaben hat einen Beitrag dazu geleistet, aktuell noch bestehende Hindernisse für einen erfolgreichen Anbau in Hessen zu überwinden. Dazu gehört u. a. die Entwicklung von besser angepassten Sorten, und der Wissenstransfer zu den heimischen Landwirten.

Verbesserung der Prozesse zur Bewahrung der Umwelt, zur Eindämmung des Klimawandels und zur Anpassung an seine Auswirkungen:

Die bereits o. g. agrarökologischen Vorteile von Sorghum, z. B. die Eignung des Sorghumpollens als Proteinquelle für Bienen während der defizitären Sommermonate, die positive Humusbilanz und der sehr geringe Pflanzenschutzbedarf, tragen zur Bewahrung der Umwelt bei. Dank seiner verglichen mit anderen Kulturpflanzen wesentlich höheren Hitze- und Trockentoleranz wird Sorghum zukünftig ein wesentlicher Baustein für eine an den Klimawandel angepasste Landwirtschaft sein. Die im Vorhaben erzielten Ergebnisse tragen dazu bei, dass auch die heimische Landwirtschaft von diesen Vorteilen profitieren kann.

Brückenschlag zwischen Spitzenformung und –technologie sowie den Landwirten, Waldbewirtschaftern, ländlichen Gemeinden, Unternehmen, Nicht-Regierungs-Organisationen (NRO) und Beratungsdiensten:

Die hier vorliegende OG beinhaltet mit der Professur für Pflanzenzüchtung (JLU Gießen) einen Partner mit hoher Kompetenz in der Erforschung moderner Züchtungstechnologien. Die Beteiligung des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) garantiert einen schnellen und Zielgruppen-optimierten Wissenstransfer zu den Landwirten und nachgelagerten Unternehmen (z. B. Futtermittelindustrie). Durch die Mitarbeit von landwirtschaftlichen Praxisbetrieben, welche vor Ort eigene Versuche durchführen, ergibt sich ein partizipatorischer Ansatz. Somit bestehen alle Voraussetzungen für den in den EIP-Zielen postulierten Brückenschlag.

Beitrag zu den Bedarfen laut Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2014-2020

Verbesserung von Beratungsangeboten, insbesondere im Hinblick auf die Bereiche Umwelt, Klima, Energie und Risikomanagement: Sorghum besitzt vorteilhafte Umweltwirkungen und kann einen

wichtigen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel sowie zum Risikomanagement von Landwirten leisten (Absicherung gegenüber immer häufiger auftretenden Trockenereignissen). Die im Vorhaben realisierte Verbesserung von Beratungsangeboten zum Sorghumanbau deckt sich daher mit den hier postulierten förderpolitischen Zielen.

Umsetzung von Innovationen, Ausbau regionaler, interdisziplinärer Kooperationen, Förderung von Vernetzung: Das Vorhaben zielte auf die möglichst schnelle Umsetzung von Innovationen, nämlich neuen Kornsorghum-Sorten mit verbesserter lokaler Adaptation, durch eine interdisziplinäre Kooperation zwischen wissenschaftlicher Pflanzenzüchtung (JLU), pflanzenbaulicher Beratung (LLH) und mehreren landwirtschaftlichen Praxisbetrieben. Hierdurch hat sich auch eine bessere Vernetzung der regionalen Agrarforschung und –Beratung ergeben.

Investitionen zur Stärkung qualitativ hochwertiger, nachhaltig produzierter Lebensmittel im Kontext regionaler Wertschöpfungsketten: Kornsorghum ist ein vielseitig verwendbares, glutenfreies und polyphenolhaltiges Lebensmittel, welches mittels innovativer Produkte in die regionalen Wertschöpfungsketten integriert werden kann.

Unterstützung von Bewirtschaftungsformen mit besonderer Bedeutung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt: Sorghum besitzt zahlreiche agrarökologische Vorteile, welche sich positiv auf den Erhalt der biologischen Vielfalt auswirken. Es stellt durch seine Blüte während der defizitären Sommermonate eine wertvolle Proteinquelle für Bienen dar, und erfordert nur sehr geringe Pflanzenschutzmaßnahmen. Seine positive Humusbilanz leistet einen Beitrag zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Daher hat das Vorhaben SorgEnLoS durch die Förderung des Sorghumanbaus in Hessen einen Beitrag zur Umsetzung der o. g. Ziele geleistet.

Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus: Sorghum hat einen nur geringen Bedarf an Pflanzenschutzmaßnahmen (keine Insektizid- oder Fungizidapplikationen, ggf. eine Herbizidbehandlung im Jugendstadium, welche aber auch durch mechanische Unkrautbekämpfung ersetzt werden kann) und eine hohe Nährstoffeffizienz, weshalb es ein hohes Potenzial für den ökologischen Landbau besitzt. In Österreich z. B. wird Kornsorghum großflächig ökologisch angebaut. Durch die im Vorhaben realisierte Entwicklung lokal adaptierten Zuchtmaterials wird daher mittelfristig auch der ökologische Landbau in Hessen gestärkt und diversifiziert.

Standort- und klimaangepasste Bewirtschaftungsformen mit ökologischen Vorteilswirkungen: Das Vorhaben *SorgEnLoS* zielte auf die Entwicklung neuer, lokal adaptierter Kornsorghum-Sorten mit verbesserter abiotischer Stresstoleranz (vor allem gegenüber Kältestress). Gegenüber dem zukünftig häufiger zu erwartenden Hitze- und Trockenstress besitzt Sorghum eine weitaus bessere Toleranz als andere Kulturpflanzen. Sorghum besitzt zahlreiche agrarökologische Vorteile (s. o.), wie die Eignung seines Pollens als Proteinquelle für Bienen, ein sehr geringer Bedarf an Pflanzenschutzmaßnahmen, und eine positive Humusbilanz. Insgesamt stellt der Anbau geeigneter Sorghumsorten somit eine standort- und klimaangepasste Bewirtschaftungsform mit ökologischen Vorteilswirkungen dar.

Minderung von Stoffeinträgen in Biotope, Boden und Gewässer durch angepasste Produktionsweisen: Sorghum besitzt eine hohe Nährstoffeffizienz und somit einen geringeren Bedarf

an Stickstoffdüngern als andere Kulturarten. Die durch das Vorhaben geförderte Ausweitung des Sorghumanbaus in Hessen kann somit einen Beitrag zum Schutz von Boden und Gewässern leisten.

3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Wurden die in der Vorhabenplanung formulierten Ziele erreicht?

Welche Ziele konnten nicht erreicht werden und welche Abweichungen gab es zwischen dem Vorhabenplan und den Ergebnissen? Warum kam es zu Abweichungen?

Die in der Vorhabenplanung formulierten Hauptziele, nämlich die Entwicklung von Kornsorghum-Zuchtstämmen mit verbesserter lokaler Adaptation, die Untersuchung wichtiger pflanzenbaulicher Parameter (Saatdichten, -Techniken und Reihenabstände) und das Bekanntmachen von Kornsorghum als neuer Kultur durch Anbauversuche bei praktischen Landwirten und Dissemination der Ergebnisse in die pflanzenbauliche Beratung, wurden erreicht.

Zu Abweichungen zwischen der ursprünglichen Planung und der tatsächlichen Umsetzung kam es einerseits aufgrund der Corona-Pandemie. So konnte aufgrund gesetzlicher Vorgaben in 2021 leider kein Feldtag stattfinden. Der in 2022 durchgeführte Feldtag wurde dann aber glücklicherweise gut aufgenommen. Der Versuch zur optimalen N-Düngung bei Sorghum konnte leider nur in einem Standort und in einem Jahr (Friedberg 2022) voll ausgewertet werden. Die dort erzielten Ergebnisse können daher nur als Tendenz, und nicht als wissenschaftlich und statistisch fundierte Empfehlung betrachtet werden. Leider waren die Nmin-Gehalte auf den verfügbaren Feldern in Griesheim nach Gemüseanbau in den vorangegangenen Jahren zu hoch für die beabsichtigte Fragestellung, und im Jahr 2021 musste auch der Versuch in Friedberg aufgrund schlechten Aufgangs verworfen werden.

4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

d. h. sind nutzbare/verwertbare Empfehlungen, Produkte, Verfahren oder Technologien entstanden?

Der Nutzen des Vorhabens für die Praxis lässt sich als hoch einschätzen. Die vom LLH in den Versuchen zu Aussaatstärke, Reihenweite und Saattechnik erzielten Ergebnisse stellen für Landwirte, die erstmalig Kornsorghum anbauen wollen, eine wertvolle Richtschnur dar. Das von der JLU entwickelte neue, verbesserte Zuchtmaterial wird mittelfristig die Bereitstellung von Kornsorghum-Sorten mit optimierter lokaler Adaptation ermöglichen und kann somit als eine wichtige Innovation betrachtet werden.

4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Sind Veröffentlichung, Vorträge oder Veranstaltungen, Anmeldung von Patenten, Weiterentwicklung zu verkaufsfähigen Produkten usw. erfolgt oder geplant?

Darstellung, in welcher Weise die Ergebnisse kommuniziert oder verbreitet wurden, ggf. mit Verweis auf Veröffentlichungen und Angabe der Quellen.

Welche weiteren Maßnahmen zur Verbreitung können ergriffen werden?

Das Vorhaben *SorgEnloS* und seine ersten Ergebnisse wurden auf mehreren internationalen Tagungen präsentiert. Die Teilnahme am europäischen Sorghumkongress „Sorghum-ID“ in Toulouse (Oktober 2021) seitens JLU konnte zum Kontaktaufbau und Vernetzung mit europäischen Sorghumakteuren verschiedener Bereiche, wie z. B. Saatguthandel und Futtermittelindustrie, genutzt werden. Weiterhin wurde das Vorhaben auf der GPZ (Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e. V.)-Haupttagung im September 2021 in Düsseldorf, sowie auf der XXVth *Eucarpia Maize and Sorghum Conference* im Mai 2022 in Belgrad präsentiert. Als Abschluss im Juni 2023 wurde das Vorhaben schließlich auf der internationalen Sorghumkonferenz *Sorghum in the 21st Century* in Montpellier (Frankreich) vorgestellt. Das bei diesen Veranstaltungen erhaltene Feedback war durchweg positiv, besonders der partizipative Ansatz mit Beteiligung der Landwirte kam bei anderen Wissenschaftlern und Sorghumakteuren sehr gut an. Durch solche Kontakte ergeben sich auch vielfältige Anregungen für zukünftige Forschungsvorhaben.

Die Vorbereitung der wissenschaftlichen Ergebnispublikationen in Fachjournalen mit *peer-review* sind weitgehend abgeschlossen. Eine erste Publikation mit dem Titel "Genetic diversity for frost survival in sorghum" wurde bereits eingereicht und befindet sich aktuell in Begutachtung. Eine weitere Publikation zur vergleichenden Untersuchung der Kältetoleranz verschiedener Cytoplasma-Systeme wird ebenfalls in Kürze eingereicht werden.

Auf Praxisebene konnte ein breiter Wissenstransfer erzielt werden. Bereits im Februar 2021 wurde der Artikel „Sorghumhirse- unterschätzte Kultur“ in den DLG-Mitteilungen publiziert werden, einer unter praktischen Landwirten viel beachteten Zeitschrift. Im November 2021 wurde Kornsorghum im Allgemeinen und das Innovationsvorhaben im Speziellen von Steffen Windpassinger auf LLH-Veranstaltungen für Multiplikatoren in Pflanzenbau und Tierfütterung vorgestellt. Am 14.09.2022 fand ein vom LLH organisierter Kornsorghum-Feldtag am Versuchsfeld bei Griesheim statt, welcher von Landwirten und Beratern sehr gut angenommen wurde. Am 21.02.2023 wurden Kornsorghum und die Ergebnisse des Innovationsvorhabens von Steffen Windpassinger auf dem Seminar für landwirtschaftliche Fachschulabsolventen in Kirchhain vorgestellt. Weitere Vorträge auch nach Laufzeitende des Vorhabens sind in Planung. Zudem werden die im Vorhaben erzielten Ergebnisse von LLH-Pflanzenbauberatern als Multiplikatoren an interessierte Landwirte weitergegeben. Auch der Landhandel soll gezielt über Kornsorghum als neue Kultur informiert werden, um den Landwirten die Vermarktung ihres Ernteguts zu erleichtern.

JLU entwickelte während des Vorhabens eine große Anzahl neuer Zuchtstämme. Die daraus als geeignet (d. h. in mindestens einem Merkmal besser als aktuell marktverfügbares Material) selektierten Zuchtstämme (Inzuchtlinien und Hybriden) können mittelfristig seitens JLU für einen Sortenschutz angemeldet werden. Bis dahin ist aber noch eine Produktion in größerer Saatgutmenge, und ggf. auch Verbesserung der Sortenreinheit, erforderlich. Durch Kooperationen mit Saatgutfirmen ist beabsichtigt, diese Innovationen in verkaufsfähige Produkte weiterzuentwickeln.

4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Gibt es weitergehende (wissenschaftliche) Fragestellungen aus den Vorhabenergebnissen, die zukünftig zu bearbeiten sind? Bitte getrennt für wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwendung darstellen.

Die für eine Adaptation in Hessen entscheidenden Zuchtziele bei Kornsorghum, nämlich Kältetoleranz und Frühreife bei gleichzeitig zufriedenstellendem Ertrag, können während der Vorhabenslaufzeit natürlich nicht abschließend gelöst werden, sondern bedürfen einer stetigen Weiterentwicklung und Verbesserung. Insofern sind die wissenschaftlichen Fragestellungen vor Beginn des Vorhabens auch nach seinem Ende weiterhin aktuell, auch wenn die Entwicklung und Selektion neuer, verbesserter Zuchtstämme während des Vorhabens bereits einen bedeutenden Fortschritt darstellt. Ebenso konnte die optimale Menge der N-Düngung bei Kornsorghum im Vorhaben leider nicht abschließend

determiniert werden, da nur einer der vier dafür geplanten Versuche verwertbare Daten lieferte. Diese Fragestellung sollte zukünftig, ggf. auch in Kooperation mit Partnern in anderen Bundesländern, noch weiter bearbeitet werden. Um den Landwirten fundierte Sortenempfehlungen liefern zu können, ist die Etablierung eines Bundesländer-übergreifenden Sortenversuchs in Kooperation von LLH, LfL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Bayern), LTZ Augustenberg (Baden-Württemberg) und DLR Rheinland-Pfalz geplant.

Hinsichtlich wirtschaftlicher Verwendung bzw. Fragestellung sind vor allem die Verwertungsmöglichkeiten der Ernte zu nennen. Diese konnten im Vorhaben *SorgEnloS* nur angerissen werden, und beschränkten sich auf die von den beteiligten Landwirten in Eigenregie durchgeführte Verwendung in der Fütterung. Für eine weitere Ausdehnung des Kornsorghum-Anbaus wäre es entscheidend, eine Annahme durch den Landhandel in Südhessen sicherzustellen. Eine spannende Fragestellung sind auch zusätzliche Verwendungsmöglichkeiten vor allem im Bereich Humanernährung. Dies beinhaltet vor allem auch die im Vorhaben bearbeiteten polyphenolhaltigen und damit für die Humanernährung besonders gesunden Sorten. Hier wäre z. B. die Einbeziehung experimentierfreudiger Bäckereien eine Idee, um Kornsorghum noch stärker in die lokale Wertschöpfungskette integrieren zu können.

5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

Wie setzt sich die OG zusammen? Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?

Die OG „Kornsorghum für Hessen“ besteht aus fünf Betrieben der Primärproduktion (Landwirte), der Professur für Pflanzenzüchtung der JLU Gießen als wissenschaftlichem Partner, dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Abteilung Marktfruchtbau, als Partner in der Pflanzenbauberatung, und den assoziierten Partnern Agrobial Servicios (Mexiko, Durchführung des Winterzuchtgartens) und Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (Untersuchung von Bodenproben).

Die Koordination der laufenden Zusammenarbeit erfolgte durch den Leadpartner JLU. Dies beinhaltete die Verwaltung der Finanzen der operationellen Gruppe gemäß den Förderrichtlinien. Zwecks Versuchsplanung, Ergebnisaustausch und organisatorischen Angelegenheiten wurden regelmäßig online-Meetings mit allen Partnern veranstaltet. Diese fanden stets in harmonischer und konstruktiver Atmosphäre statt und boten allen Partnern eine wichtige Gelegenheit zur Klärung offener Fragen. Zur Betreuung der Anbauversuche bei den Landwirten fanden regelmäßig bilaterale Besuche seitens Natalja Kravcov oder Steffen Windpassinger statt. Ebenso besuchten die beteiligten Landwirte die Versuchsflächen von LLH und JLU nach individueller Terminabstimmung.

5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Vorhabens?

Der Mehrwert der OG ergab sich vor allem aus der Beteiligung verschiedener Akteure, die jeweils ihre unterschiedlichen Kompetenzen bestmöglich einbrachten. Durch die gleichzeitige Bearbeitung pflanzenzüchterischer und pflanzenbaulicher Aspekte in Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben entstanden zahlreiche Synergie-Effekte. So flossen die Erfahrungen und Präferenzen der

Praxisbetriebe dank des partizipatorischen Ansatzes in das laufende JLU-Zuchtprogramm ein und wurden dort direkt bei den Selektionsentscheidungen im Zuchtgarten berücksichtigt.

5.3 Weitere Zusammenarbeit

Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Vorhabens vorgesehen? Wenn ja, in welcher Form? Wenn nein, warum nicht?

Die Mitglieder der OG werden auch nach Abschluss des Innovationsvorhabens *SorgEnloS* weiter hinsichtlich der Förderung des lokalen Sorghumanbaus zusammen arbeiten. Seitens LLH ist der Aufbau eines Bundesländer-übergreifenden Kornsorghum-Sortenversuchs geplant, hierfür wird JLU voraussichtlich den Standort Groß-Gerau bereitstellen. JLU und LLH werden sich bei der Dissemination der Vorhabensergebnisse gegenseitig unterstützen.

Zwei der an der OG beteiligten Betriebe wollen auch nach Abschluss des Vorhabens weiterhin Kornsorghum anbauen. JLU und LLH werden sie diesbezüglich über neue Entwicklungen des Sortenangebots auf dem Laufenden halten. Umgekehrt sind diese Betriebe weiterhin dazu bereit, neues Sortenmaterial aus dem JLU-Zuchtprogramm versuchsweise bei ihnen anzubauen.

6 Verwendung der Zuwendung

Auflistung der wichtigsten Positionen (Gesamtausgaben, förderfähige Ausgaben und Zuwendung)

Die Verwendung der Zuwendung erfolgte gemäß der im Aktionsplan erläuterten Planung und ist in den einzelnen Verwendungsnachweisen detailliert dargestellt. 399.916 € förderfähige Ausgaben waren bewilligt worden. Die Gesamtausgaben liegen bei 379.135 €, wovon 352.339 € als Zahlungseingänge erstattet wurden.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Grundsätzliche Schlussfolgerungen:

- *Rückblick und Ausblick zum Vorhaben (Was lief gut, was hätte anders angegangen werden sollen?)*
- *Fazit zur Eignung von EIP-Förderung zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP-Agri.*

Das Vorhaben verlief aus Sicht der OG-Partner insgesamt sehr zufriedenstellend. Positiv zu bewerten ist die gute und harmonische interdisziplinäre Zusammenarbeit, durch die sich zahlreiche Synergie-Effekte (s. o.) ergaben. Hilfreich für die züchterische Selektion und Prüfung der Anbaueignung von Kornsorghum in Hessen waren auch die hinsichtlich ihrer Witterung stark kontrastierenden Jahre 2021 und 2022. Rückblickend besser angehen sollen hätte man die Versuche zur N-Düngung, welche am Standort Griesheim aufgrund zu hoher Nmin-Werte leider nicht auswertbar waren. Dem hätte man durch eine längerfristige Flächenplanung möglicherweise entgegenwirken können, was sich allerdings aufgrund der kurzen Projektlaufzeit und der Schwierigkeit, in den Gemüseanbaugebieten Südhessens neue Flächen zu einem vertretbaren Preis zu pachten, kompliziert gestaltete. Gerne hätte JLU auch noch mehr neue Zuchtstämme direkt bei den beteiligten Landwirten getestet. Die für die praxisübliche

Sätechnik erforderlichen Saatgutmengen von mindestens 2 kg setzten dem allerdings leider Grenzen, so dass nur eine repräsentative Auswahl bei den Landwirten angebaut werden konnte.

Die EIP-Förderung ist aus unserer Sicht sehr gut für praxisbezogene, agrarwissenschaftliche Projekte wie das hier vorliegende geeignet. Für solche praxisbezogenen Projekte sind leider auch anderweitige Fördermöglichkeiten nur sehr eingeschränkt verfügbar, da die entsprechenden Ausschreibungen oft eher grundlagenorientiert sind.

Für die Weiterentwicklung von EIP Agri möchten wir vorschlagen, eine Ausdehnung der Projektlaufzeit auf vier bis fünf Jahre in Betracht zu ziehen. Damit ließen sich längerfristig ausgelegte Zuchtprogramme sicherer finanzieren und durchführen. Auch würden wir uns wünschen, den mit EIP verbunden bürokratischen Aufwand zu reduzieren. Dieser bindet viele Ressourcen und hält sicher zahlreiche Privatunternehmen ohne entsprechende Erfahrung und Kapazitäten von einer Antragsstellung ab.

8 Literaturverzeichnis

Awika JM, Rooney LW (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry* 65, 1199-1221

Dykes L, Rooney LW (2006). Sorghum and Millets Phenols and Antioxidants. *Journal of Cereal Science* 44, 236-251

Rooney W, Portillo O, Hayes CM (2013). Registration of A/BTX3363 black sorghum germ-plasm. *Journal of Plant Registrations* 7, 342-346

Siede R, Eickhoff B, Freyer C, Windpassinger S, Büchler R. The bioenergy crop Sorghum bicolor is a relevant pollen source for honey bees (*Apis mellifera*). *GCB Bioenergy* (2021), DOI: 10.1111/gcbb.12835

Sprich, H (2019). Körnerhirse als Alternative zu Mais. *Mais* 3/2019

Windpassinger S, Wittkop B, Jäkel K, Siede R. Sorghumhirse- unterschätzte Kultur mit großem Potential. *DLG-Mitteilungen* 2/2021