

## **Projekt „Verbesserung ökologischer Fruchtfolgen mit Transfermulch für ein Regeneratives, angepasstes Nährstoffmanagement - VORAN“**

### **Zusammenfassung**

In drei Untersuchungsjahren wurden 2019 bis 2021 zu Körnermais und Kartoffeln Klee-schnittgut und zu Ackerbohnen Weizenstroh als oberflächliche Mulchauflage (cut & carry) ausgebracht und in ihrer Wirkung bei pflügender und pflugloser Bodenbearbeitung untersucht. Im Frühjahr standen jeweils nur geringe Mengen an Klee zu Verfügung, so dass die erwartete Beikrautunterdrückung nicht erreicht wurde und eine mechanische Bekämpfung durchgeführt werden musste. Der verbesserte Erosionsschutz konnte mit den geringen Mulchauflagen erreicht werden, sogar die gepflügte Variante hatte durch den nachträglich aufgebrauchten Mulch eine verbesserte Wasserinfiltration als ohne Mulch und sogar einen geringeren Sedimentaustrag als die Pfluglos-Variante ohne Mulch. Auf das Stickstoffangebot und den Bodenwasserhalt konnten 2019 und 2020 keine Auswirkungen der Mulchauflagen nachgewiesen werden, was einerseits an den geringen Mulchmengen und andererseits an der Trockenheit im Versuchsjahr gelegen haben dürfte.

Die Untersuchungen, die 2019 und 2020 stark von den Trockenheit geprägt waren, werden 2021 fortgesetzt.

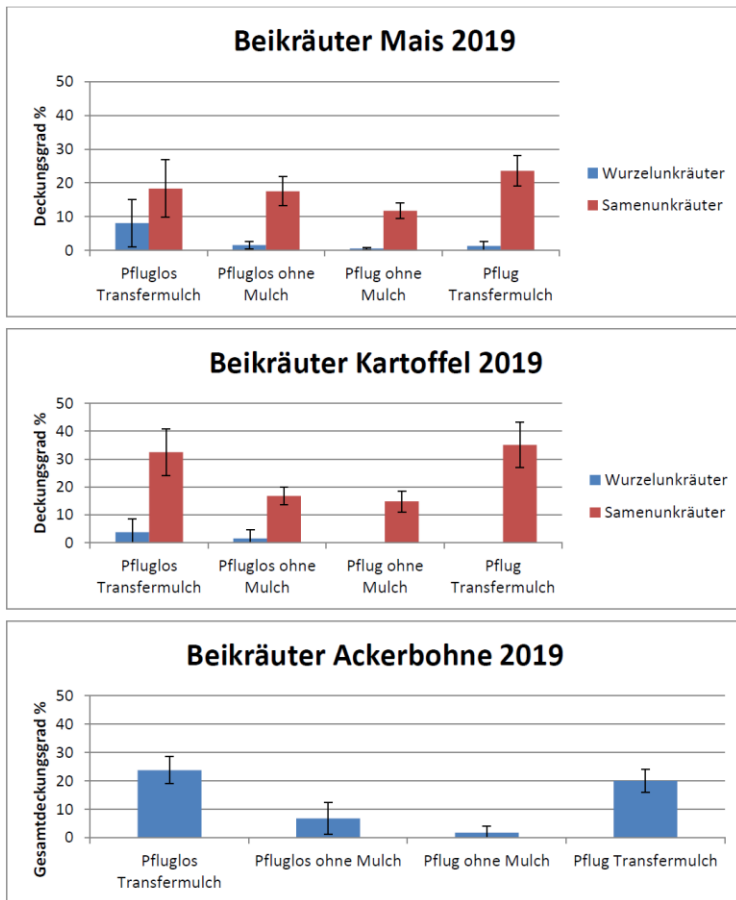
### **Versuchsaufbau**

Der Feldversuch am Standort Nossen ist in einem viehlosen Ökolandbausystem (sogenannte vegane Landwirtschaft) mit der Fruchtfolge Rotklee – Körnermais – Winterweizen – Kartoffeln – Ackerbohnen – Dinkel in einer 4-fach wiederholten Streifenanlage eingegliedert. Der Versuchsstandort befindet sich auf einer pseudovergleyten Parabraunerde aus Löß mit 62 Bodenpunkten. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,4 °C, der Jahresniederschlag 700 mm. Die Fruchtfolgeglieder Mais, Kartoffeln und Ackerbohnen werden mit den Faktoren Bodenbearbeitung (pflügend; pfluglos) und Mulchanwendung (Ohne; Klee zu Mais; Klee zu Kartoffeln; Weizenstroh zu Ackerbohnen) innerhalb dieser sechsgliedrigen Fruchtfolge betrachtet. Dabei wurde der Mulch von einer Geberfläche (Klee bzw. Winterweizen, liefert das Mulchmaterial) auf eine Nehmerfläche (erhält die Mulchauflage) transferiert. Folgend

wird diese Anwendung als Transfermulch bezeichnet. Die Variante ohne Mulch der Ackerbohne wurde 2019 im Gemenge mit Hafer, 2020 als Reinsaat angebaut. Um die Wirkung verschiedener Mulchanwendungen und Bodenbearbeitungssysteme auf die Erosionsneigung des Bodens zu untersuchen, wurden 2019 auf dem Kartoffelschlag, 2020 auf dem Ackerbohenschlag und 2021 auf dem Maisschlag je ein Beregnungsversuch mit Abtragsmessungen durchgeführt. Dabei wurde bei simuliert extremen Niederschlägen mit einer Intensität von 0,8 mm je min (entspricht 48 mm in 1 Stunde) auf einer Fläche von 3 m<sup>2</sup> die Wasserinfiltration bzw. der Oberflächenabfluss und das abgetragene Bodenmaterial erfasst.

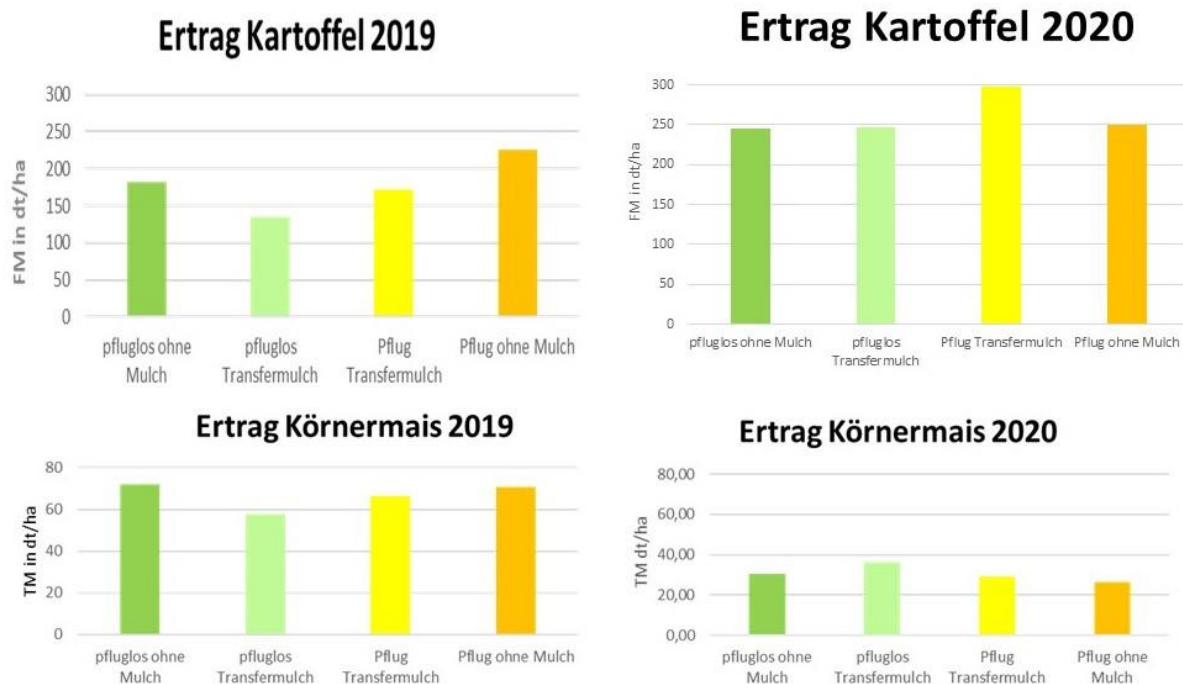
## **Ergebnisse und Diskussion**

Bereits im Frühjahr 2019 wurde in Nossen zu wenig Niederschlag verzeichnet, was sich auch auf den Kleeaufwuchs auswirkte, so dass nur 432,8 dt Frischmasse pro Hektar bzw. 61,5 dt Trockenmasse als Transfermulch auf die Nehmerflächen Mais und Kartoffel übertragen werden konnten. 2020 stand noch weniger Material zur Verfügung. Das enge C/N-Verhältnis und die feine Struktur des klein gehäckselten frischen Materials führten zu einer schnellen Zersetzung des Kleeschnitts, so dass eine gleichmäßige Bodenbedeckung nicht lang gegeben war. Dies hatte wiederum Auswirkungen auf die sonst in der Literatur beschriebene positive Unkrautunterdrückungsleistung der Mulchdecke. Sowohl die beikrautunterdrückende Wirkung als auch die Schutzfunktion gegenüber Umwelteinflüssen geht zumindest teilweise verloren. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, wiesen die Varianten mit Mulch in allen drei Kulturen einen höheren Unkrautdeckungsgrad auf im Vergleich zu den Varianten ohne Transfermulch, da 2019 in den Mulch-Varianten die erste Bekämpfungsmaßnahme unterblieb. Besonders deutlich war dieser Effekt in der Kartoffel zu sehen. Bei der Ackerbohne wurden insgesamt 40 dt Frischmasse Weizenstroh pro Hektar bzw. 36,8 dt Trockenmasse pro Hektar als Transfermulch auf die Nehmerfläche übertragen. Die Variante „ohne Mulch“ stellte ein Ackerbohnen-Hafer-Gemisch dar, was eine höhere Unkrautunterdrückung aufwies (hier Beikräuter gesamt dargestellt). 2020 wurden alle Bekämpfungsmaßnahmen in allen Varianten gleich durchgeführt, was den Unkrautdruck reduzierte und leichte Mehrerträge mit Transfermulch zuließ.



**Abbildung 1 Deckungsgrade der Beikräuter in den Kulturen Mais, Kartoffel und Ackerbohne**

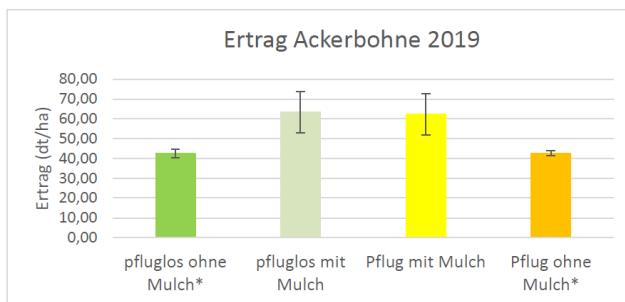
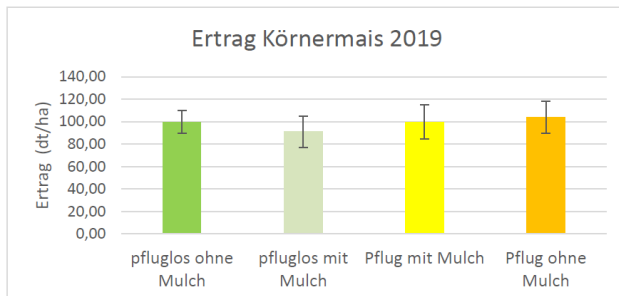
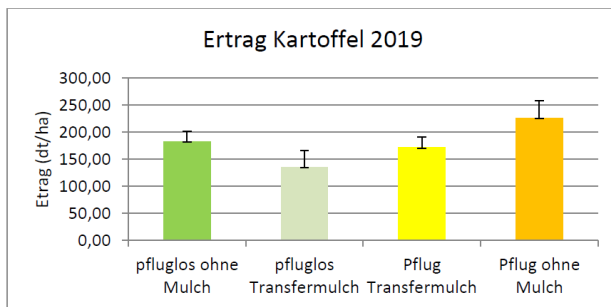
Durch den hohen Konkurrenzdruck der Beikräuter zu den Kulturen wurde 2019 der Ertrag negativ beeinflusst. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, sind die Erträge von Kartoffel und Mais in den Varianten Transfermulch geringer. Die gepflügten Varianten zeigen einen höheren Ertrag. Bei Ackerbohne ist 2019 der Effekt durch das Hafergemisch nicht zu sehen.



**Abbildung 2 Erträge von Kartoffeln und Mais 2019 und 2020**

2020 zeigen sich bei Kartoffeln und Mais leichte Mehrerträge mit Transfermulch und in den Pflugvarianten. Der Unkrautbesatz zeigte keine Unterschiede zwischen den Varianten.

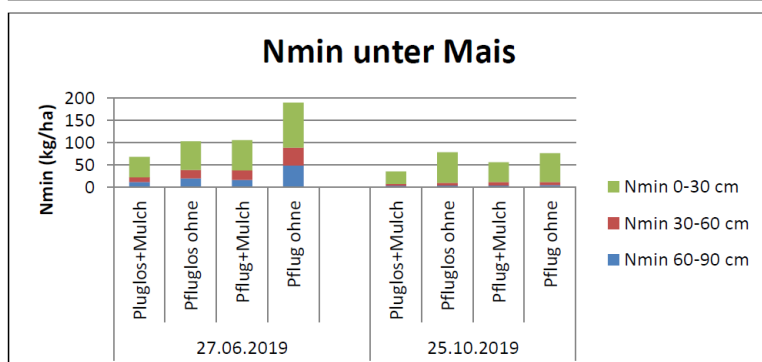
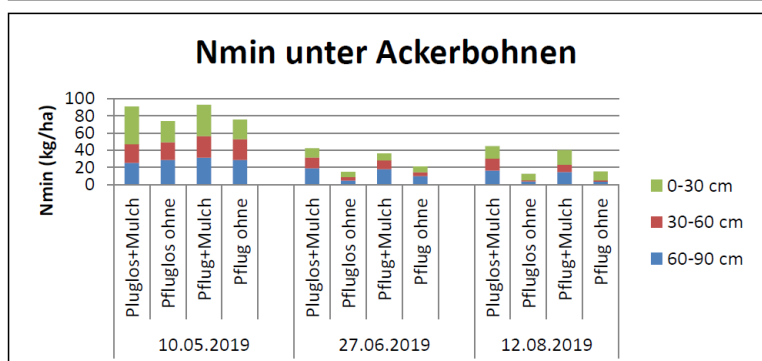
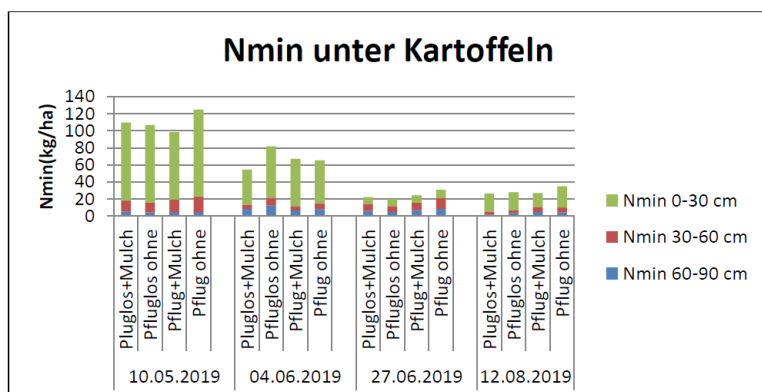
Sowohl in Kartoffeln als auch in Ackerbohnen reduzierte die pfluglose Bodenbearbeitung den Oberflächenabfluss, während Transfermulch den wassergebundenen Bodenabtrag deutlich minderte.



\*Ackerbohnen-Hafer-Gemisch

**Abbildung 2 Erträge der Kulturen Kartoffel, Körnermais und Ackerbohne**

Zu verschiedenen Zeitpunkten wurde die Menge des mineralischen Stickstoffs (N<sub>min</sub> in kg/ha) in drei Bodentiefen gemessen. Für alle drei Kulturen kann gesagt werden, dass der N<sub>min</sub>-Vorrat im Boden während der Vegetationszeit von den Pflanzen genutzt wurde und es keine Verlagerungsprozesse in untere Bodenschichten gab. Aufgrund der Trockenheit und der hohen Temperaturen fanden wenig mikrobielle Abbauprozesse statt, so dass vermutet wird, dass nennenswerte Mengen an Stickstoff gasförmig entwichen sind. Die N<sub>min</sub>-Gehalte der verschiedenen Varianten liegen nach der Ernte auf einem weitgehend einheitlichen Niveau, wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Die N<sub>min</sub>-Unterschiede im Boden der Ackerbohne lassen sich auf das Ackerbohnen-Hafer-Gemisch zurückführen, das dem Boden mehr Stickstoff entzieht.



**Abbildung 3 Nmin-Bodengehalte**

Hinsichtlich der Gehalte an Makronährstoffen und Humus im Oberboden zu Vegetationsbeginn waren die Ausgangsbedingungen des Oberbodens für alle drei Kulturarten relativ homogen, mit der Ausnahme des Kaliumgehaltes auf den Ackerbauschlägen „Pflug Mulch“ und „Pflug ohne Mulch“ (siehe Tabelle 1). Diesbezüglich ist der dortige Boden in die Gehaltklasse C einzuordnen, die restlichen Schläge in die Gehaltklasse B. Gleiches gilt für Phosphor. Die Böden aller Schläge weisen eine sehr gute Magnesiumversorgung auf (Gehaltklasse D).

**Tabelle 1: Standorteigenschaften im Oberboden (0-30 cm) der Flächen mit den untersuchten Kulturen Ackerbohne, Mais und Kartoffel**

Eigenschaften	Ackerbohne			
	Pfluglos Mulch	Pfluglos o. Mulch	Pflug Mulch	Pflug o. Mulch
Ct %	0,94 ± 0,12	0,91 ± 0,06	0,93 ± 0,09	0,88 ± 0,04
Humus %	1,63 ± 0,2	1,57 ± 0,1	1,6 ± 0,16	1,51 ± 0,07
Nt %	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
C/N-Verhältnis	10,50	10,12	10,31	10,95
P(CAL) mg/100g	3,33 ± 0,73	3,55 ± 0,44	4,58 ± 1,72	5,33 ± 0,74
K(CAL) mg/100g	7,3 ± 1,49	7,1 ± 3,05	14,7 ± 3,53	12,03 ± 1,86
Mg(CAL) mg/100g	12,1 ± 0,42	10,9 ± 0,22	11,38 ± 0,85	11,38 ± 0,46
pH-Wert	5,43 ± 0,05	5,35 ± 0,13	5,4 ± 0,08	5,43 ± 0,1

Eigenschaften	Mais			
	Pfluglos Mulch	Pfluglos o. Mulch	Pflug Mulch	Pflug o. Mulch
Ct %	1,1 ± 0,11	1,06 ± 0,06	1,08 ± 0,04	1,1 ± 0,05
Humus %	1,89 ± 0,19	1,83 ± 0,1	1,85 ± 0,07	1,9 ± 0,09
Nt %	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,05
C/N-Verhältnis	9,14	8,85	8,94	9,18
P(CAL) mg/100g	3,35 ± 0,61	2,53 ± 0,19	2,8 ± 0,37	3,05 ± 0,44
K(CAL) mg/100g	9,58 ± 3,34	7,55 ± 1,26	5,35 ± 0,44	6,9 ± 2
Mg(CAL) mg/100g	14,2 ± 1,53	14,43 ± 0,8	14,4 ± 0,21	14,68 ± 0,53
pH-Wert	5,55 ± 0,06	5,48 ± 0,05	5,53 ± 0,05	5,58 ± 0,05

Eigenschaften	Kartoffel			
	Pfluglos Mulch	Pfluglos o. Mulch	Pflug Mulch	Pflug o. Mulch
Ct %	1,08 ± 0,09	1,36 ± 0,19	1,11 ± 0,07	1,12 ± 0,04
Humus %	1,87 ± 0,15	2,35 ± 0,32	1,91 ± 0,12	1,92 ± 0,07
Nt %	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0
C/N-Verhältnis	12,05	12,39	11,08	11,14
P(CAL) mg/100g	2,38 ± 0,46	2,52 ± 0,29	2,58 ± 0,53	2,95 ± 0,26
K(CAL) mg/100g	7,03 ± 1,12	7,3 ± 1,49	7,1 ± 3,05	7,68 ± 1,61
Mg(CAL) mg/100g	12,7 ± 1,59	12,08 ± 0,99	10,98 ± 0,59	11 ± 0,70
pH-Wert	5,5 ± 0,12	5,25 ± 0,06	5,18 ± 0,05	5,18 ± 0,13

Aus den Nmin-Bodenproben wurde der Bodenwassergehalt (Volumenprozent) gravimetrisch ermittelt. Zusätzlich wurden zu Vegetationsbeginn im Maisfeld TDR-Sonden gesetzt, mit denen indirekt der Bodenwassergehalt bestimmt werden konnte. Der Bodenwassergehalt folgt bei allen drei Kulturarten dem charakteristischen Jahresgang mit einem Maximum zu Beginn der Vegetationszeit. Durch die geringen Niederschläge im Vegetationszeitraum nimmt das Bodenwasser besonders in den oberen Schichten (0-30 cm) mit einsetzender Pflanzenentwicklung stetig ab und bewegt sich bei Ackerbohne und Kartoffel Richtung permanenten Welkepunkt, was sich negativ auf die Ertragsbildung auswirkte. Das Absinken des Bodenwassergehaltes geschieht in den drei Kulturen in unterschiedlichem Ausmaß. Das Bodenwasser unter Mais, bei dem sich die Mulchauflage langsamer zersetzt, zeigt den geringsten Rückgang. Bei der Kartoffel ist durch die schnelle Zersetzung des Mulches kein Unterschied im Bodenwassergehalt zwischen den Varianten zu sehen. Hingegen trägt die Mulchschicht bei Ackerbohne zur Speicherung der Bodenfeuchte bei, während der eingesäte Hafer in den Varianten

ohne Mulch zusätzlich Wasser verbrauchte. Bei Mais ist die Wirkung des Verdunstungsschutzes durch Mulchauflagen in der unteren Bodenschicht zu beobachten.

Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und dem Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) führt der DWD regelmäßige Messungen des Bodenwassergehaltes mittels Bohrstockmethode in Nossen durch. Im Jahr 2019 fand diese Untersuchung auf dem Dinkelschlag statt, bei dem ein Vergleich zwischen pfluglos bearbeiteten Böden und mit Pflug bearbeiteten Flächen angestellt wurde. Die Abbildung 8 zeigt einen geringfügig höheren Wassergehalt der Flächen mit konservierender Bodenbearbeitung.

Um den Einfluss der Mulchbedeckung auf die Erosionsneigung des Bodens zu untersuchen, wurde Ende Mai durch die TU Bergakademie Freiberg im Kartoffelschlag ein transportabler Niederschlagsimulator zur Nachbildung extremer Niederschlagsereignisse (0,8 mm je min und m<sup>2</sup>) auf einer berechneten Fläche von 3 m<sup>2</sup> eingesetzt. Dabei wurde die Wasserinfiltration und das abgetragene Bodenmaterial (Sedimentkonzentration) erfasst. Die Infiltration von Regenwasser ist bei gepflügten Böden (Abb. 4 und 5) sowohl in der Menge als auch in der Infiltrationszeit deutlich geringer als bei den pfluglos bearbeiteten Varianten (Abb. 6 und 7). Der Boden der Variante Pflug ohne Mulch zeigt ein besonders schnelles Absinken der Infiltrationsrate. Auch der Bodenabtrag, gemessen durch die Sedimentkonzentration in g je l, setzt in dieser Variante am schnellsten ein und erreicht die höchsten Werte. Bei beiden Bodenbearbeitungssystemen zeigt die Mulchbedeckung trotz der geringen Mulchmengen einen positiven Effekt sowohl auf die Infiltrationsmenge und -zeit als auch auf das Absinken des Bodenabtrages und dient somit dem Erosionsschutz.



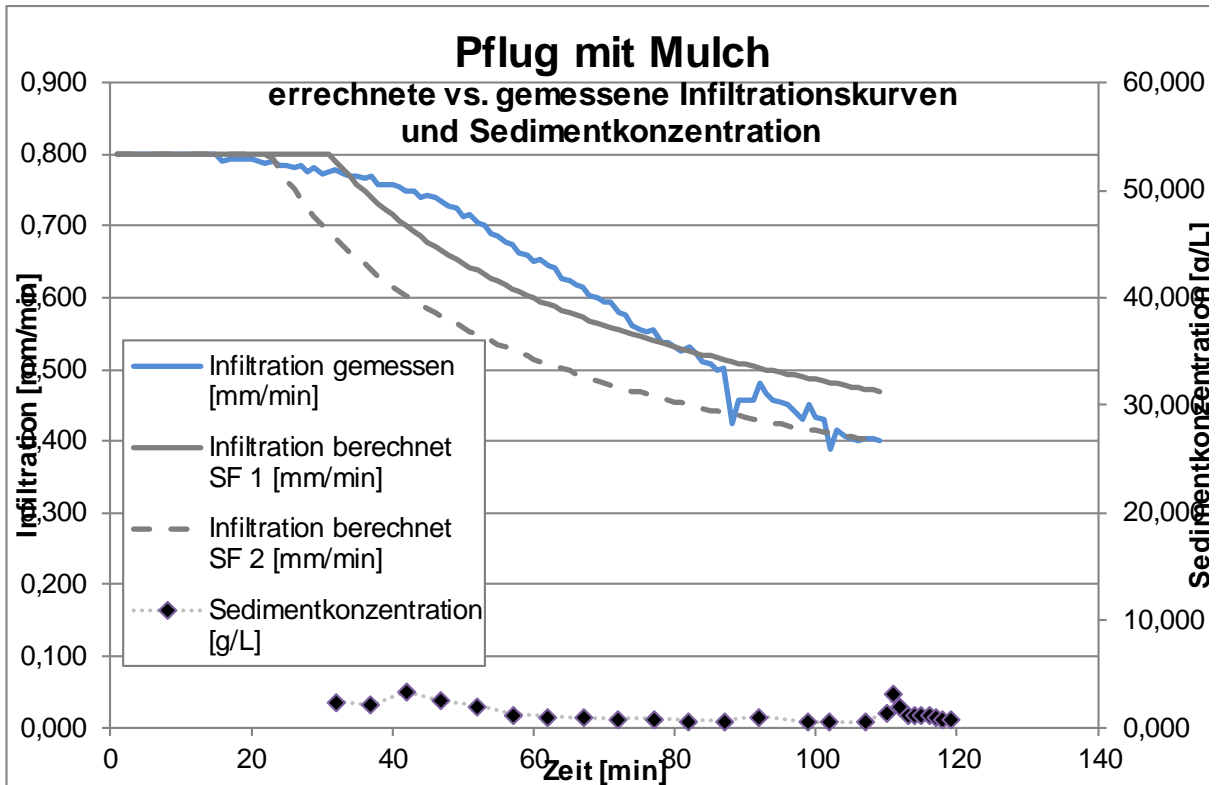


Abbildung 4: Infiltration und Sedimentkonzentration im Abfluss nach Pflugeinsatz mit Mulch (SF = Skinfaktor)

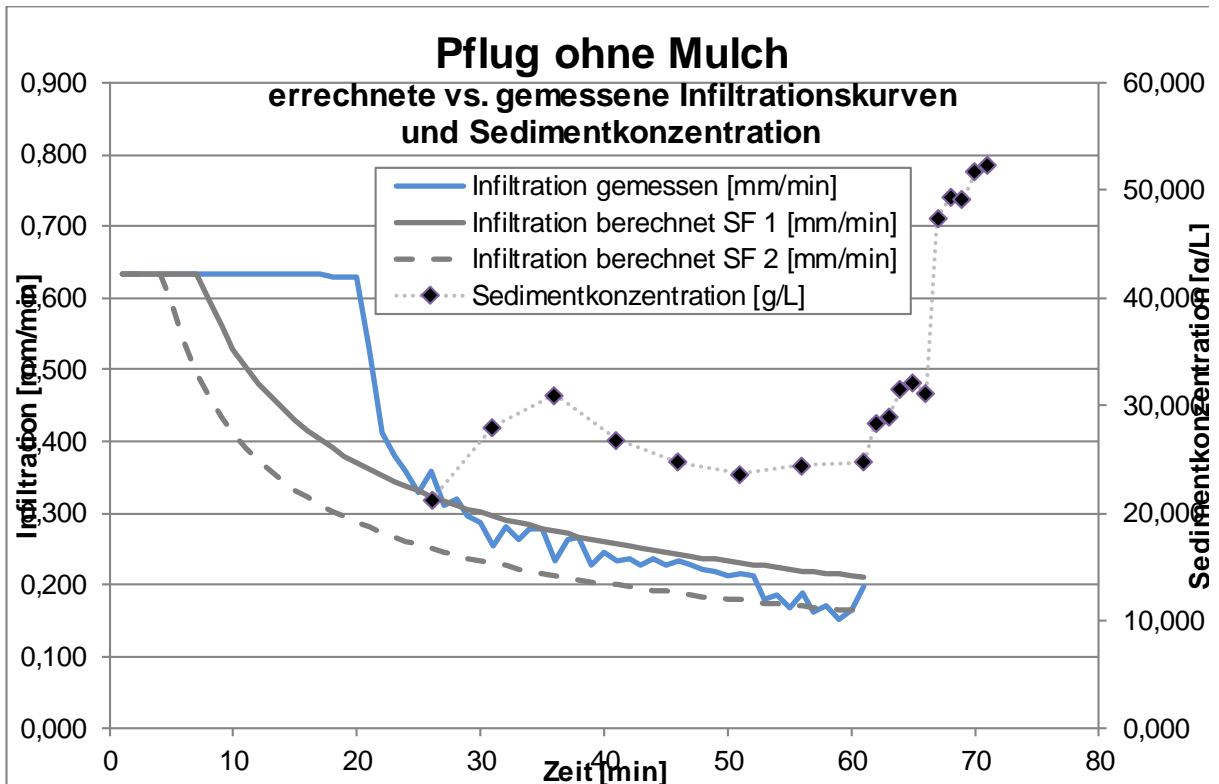


Abbildung 5: Infiltration und Sedimentkonzentration im Abfluss nach Pflugeinsatz ohne Mulch (SF = Skinfaktor)

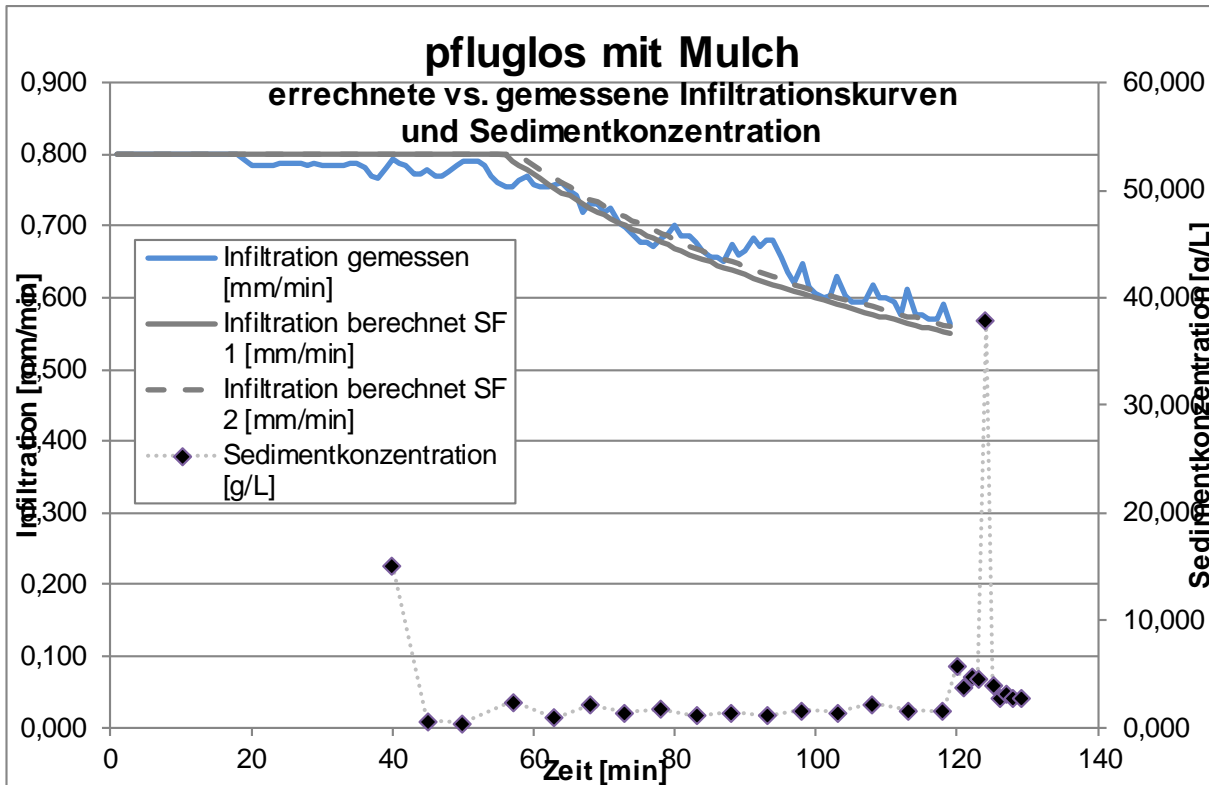


Abbildung 6: Infiltration und Sedimentkonzentration im Abfluss pfluglos mit Mulch (SF = Skinfaktor)

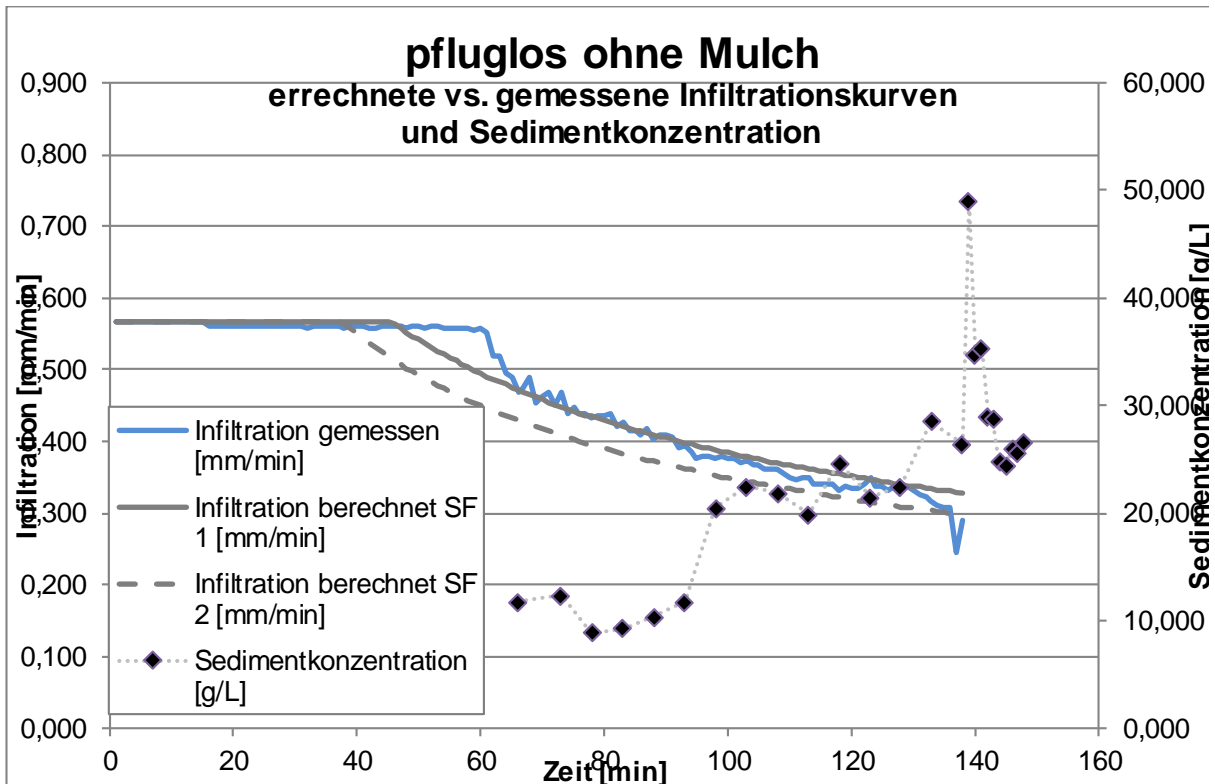
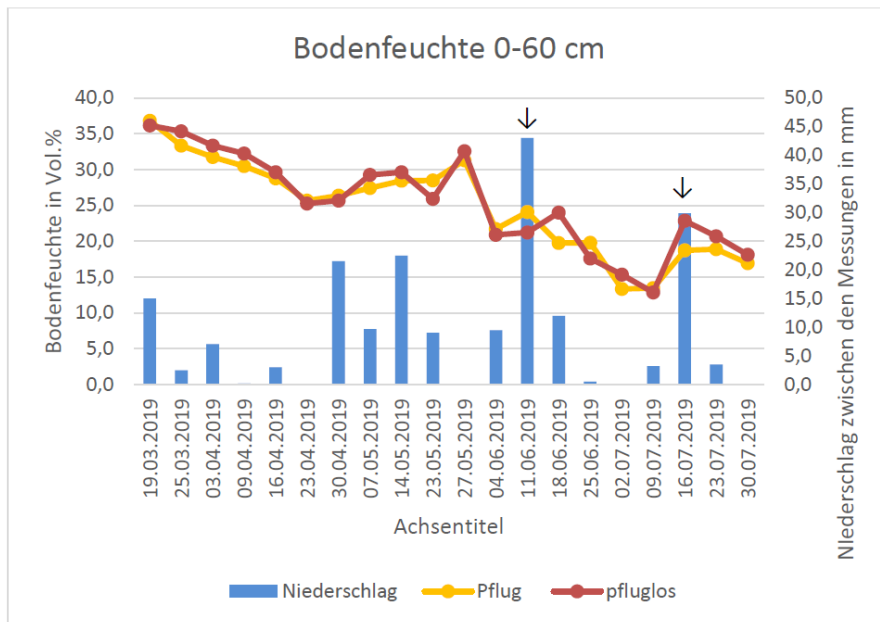


Abbildung 7: Infiltration und Sedimentkonzentration im Abfluss pfluglos ohne Mulch (SF = Skinfaktor)

Neben der Simulation extremer Niederschläge mit Beregnungsanlage sollte auch der Oberflächenabfluss und somit die Erosionsneigung während natürlicher Niederschläge in einer runoff-Anlage erfasst werden. Die Starkniederschläge am 11.06. und 16.07.2019 lösten starke Run-off-Ereignisse (oberflächlich ablaufendes Niederschlagswasser, in Abbildung 8 mit je einem Pfeil markiert) aus, die in der Variante Bodenbearbeitung mit Pflug mit erheblicher Sedimentverlagerung verbunden war.



**Abbildung 8 Bodenfeuchte des Dinkelschlages in 0-60 cm Tiefe und Niederschlag in Nossen; Pfeile zeigen starke Run-off-Ereignisse an**

Der Versuch wird 2021 weitergeführt.