

Anhang V

Dokumentation
Versuche Roboter

Dokumentation 2023:

Teilprojekt Robotereinsatz

Hintergrund:

Da die naturverträgliche, minimalinvasive Bekämpfung von Unkräutern auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sehr zeit- und arbeitsintensiv ist, gibt es diverse Bemühungen, diesen Aufwand durch den Einsatz moderner technischer Geräte zu reduzieren.

Zielsetzung:

Die Firma Paltech-Robotics entwickelt technische Hilfsmittel zur naturverträglichen, minimalinvasiven Bekämpfung von Ampfer und Jakobskreuzkraut, welche mittels Drohne und Feldroboter die Zielpflanzen erkennen und entsprechend punktgenau inklusive Wurzel entfernen können. Wir erproben mit dieser Firma, ob diese Technik auch auf die Herbstzeitlose anwendbar ist.

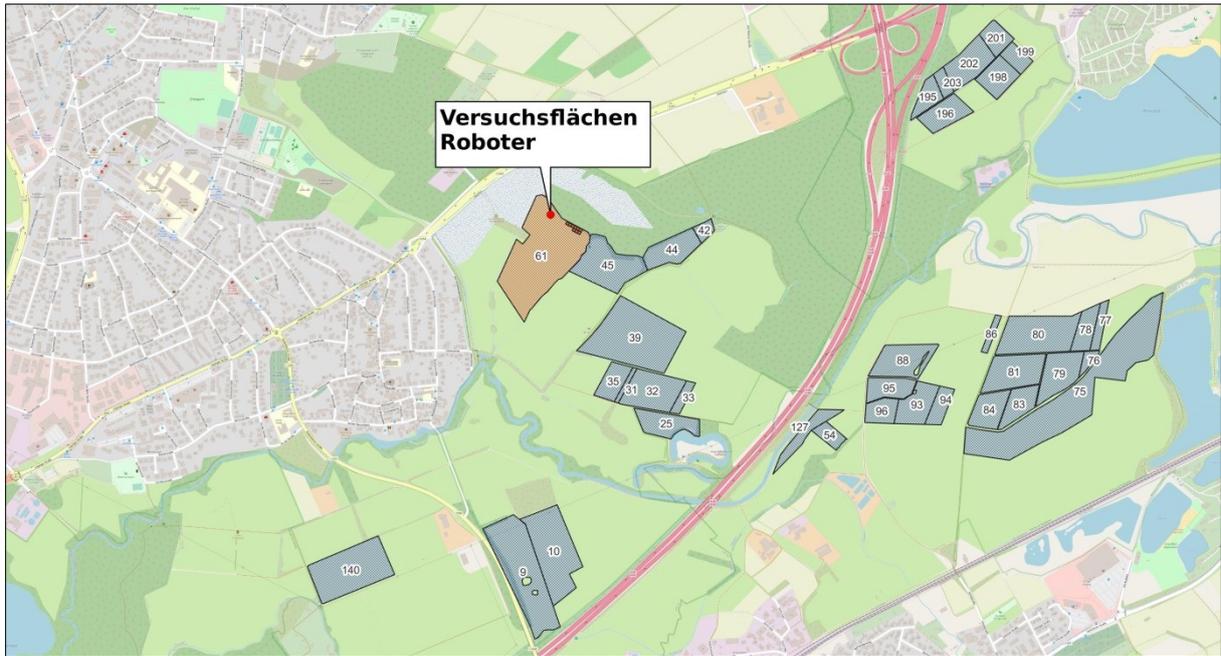
Projektlaufzeit: **5 Jahre, 2023-2027**

Versuchsfläche: **Flurstück-Nr. 61, Weideswiesen bei Erlensee**

Bewirtschafter: **Oliver Richter**



Karte 1: Lage des Flurstücks 61 im Projektgebiet



Karte 2: Lage des Flurstücks 61 im Detail

Methode:

Die Roboter erfassen Pflanzen bzw. Blüten mit einer externen Kamera (d.h. außerhalb des Gehäuses) und positioniert sich danach. Die Bohreinheit des Roboters wird nach einer internen Kamera (im Gehäuse) positioniert. Die Knolle wird auf eine Tiefe von 180mm mit einem Durchmesser von 100mm ausgebohrt. Durch eine Abdeckung sowie die Umkehr der Drehrichtung verbleibt das Bohrgut im Loch. Da die Software des Roboters anhand der gespeicherten Bilder die Erkennung der Zielpflanze erst lernen muss, wurden im ersten Einsatz die Roboter mittels Konsole von Hand gesteuert, und die Zielpflanze auf einem Display vorgegeben.

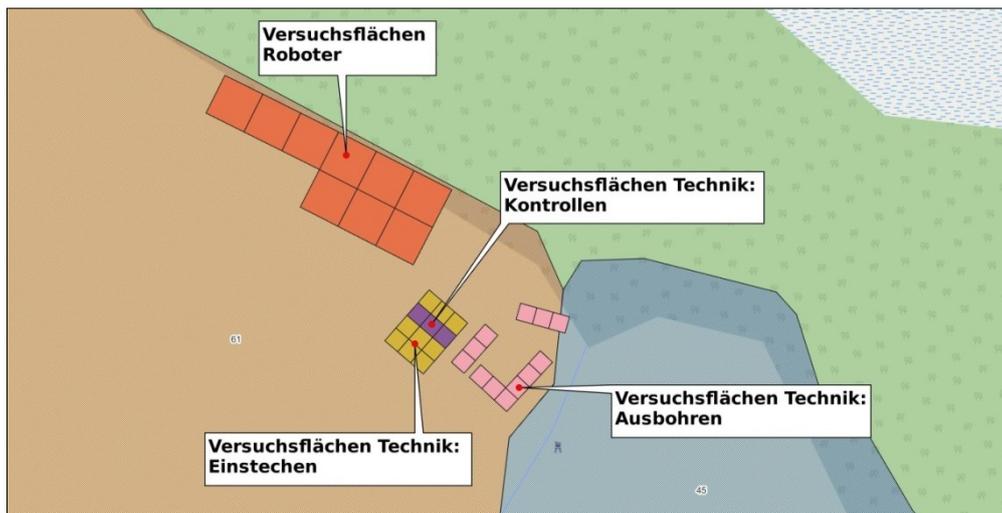


Versuchsaufbau:

12 Versuchsquadrate 10x10m:

- 3 Flächen, auf denen keine Maßnahmen durchgeführt werden (Kontrolle)
- 3 Flächen, auf denen im Frühjahr Roboter eingesetzt werden
- 3 Flächen, auf denen im Frühjahr und Herbst Roboter eingesetzt werden
- 3 Flächen, auf im Herbst Roboter eingesetzt werden

Je 3x	Frühjahr	Frühjahr & Herbst	Herbst
Keine Maßnahme (Kontrolle)	Robotereinsatz	Robotereinsatz	Robotereinsatz



Karte 3: Lage der Versuchsflächen Roboter in Relation zu den Versuchsflächen Technik



Karte 4: Versuchsflächen mit Bezeichnungen

(R-FH-*: Versuchsflächen für Roboterbearbeitung im Frühjahr und Herbst; R-H_*: Versuchsflächen für Robotereinsatz nur im Herbst; T-K_*: Kontrollflächen)

Frühjahr 2023

Der geplante Frühjahrseinsatz konnte aufgrund von Verzögerungen in der Softwareentwicklung der Roboter nicht stattfinden.

Herbst 2023:

Maßnahmendurchführung:

30.08.2023 - 6 Personenstunden - 2 Personen

1.Versuch, die Versuchsflächen einzurichten:

9 Versuchsquadrate 10x10m wurden auf der Fläche mit der höchsten Blütenanzahl eingerichtet. Die anschließende Kartierung der Versuchsquadrate ergab die folgenden Anzahlen von Blüten: 15/17/18/38/35/12. Da dies noch zu wenige Blüten für einen sinnvollen Robotereinsatz waren, wurden die Markierungen wieder abgebaut und der Einsatz bis zur weiteren Entwicklung der Blüte verschoben.

Maßnahmendurchführung:

21.09.2023 - 6 Personenstunden - 2 Personen

Einrichten der Versuchsflächen:

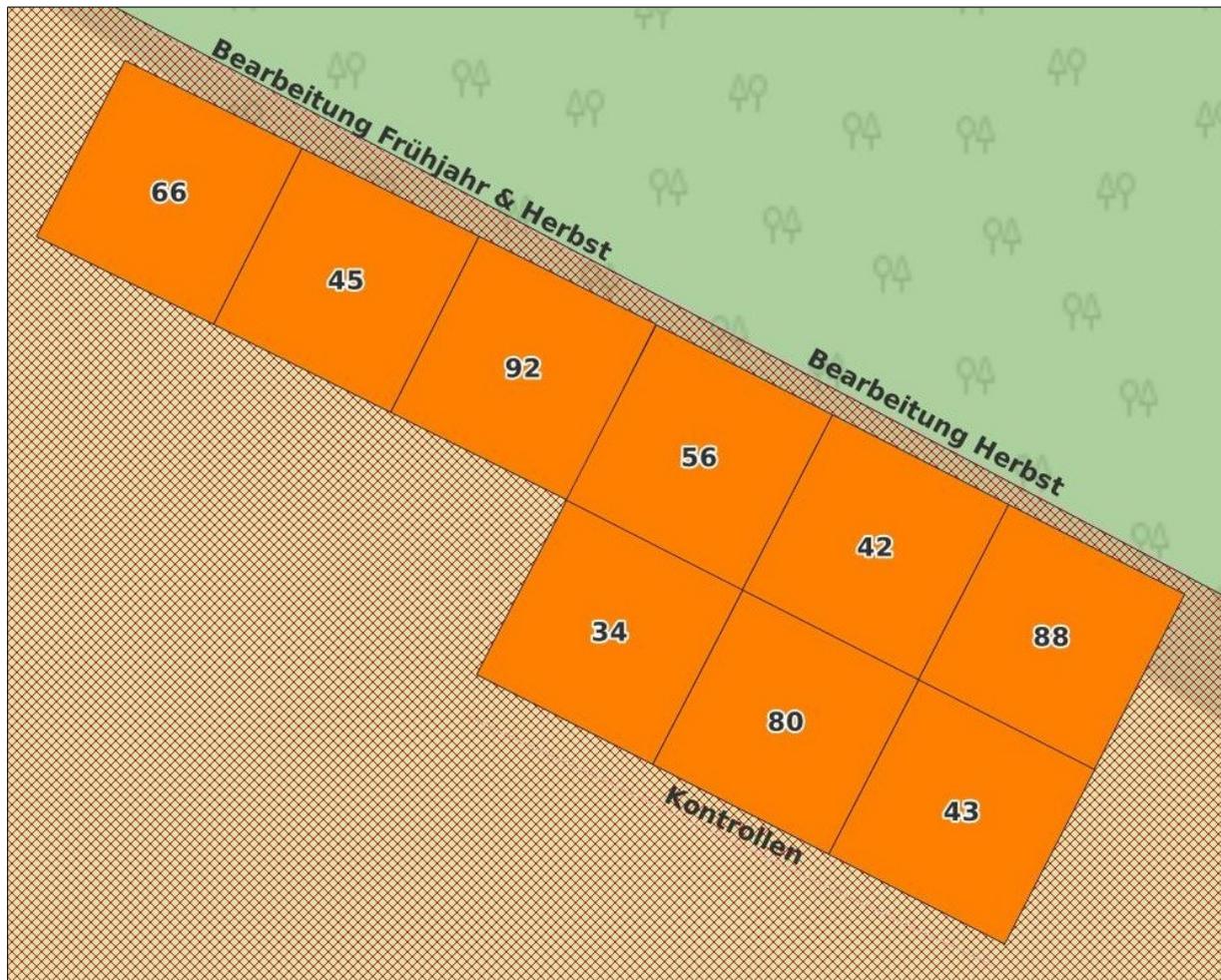
9 Versuchsquadrate 10x10m (die Versuchsflächen nur Frühjahrsbearbeitung werden erst Frühjahr 2024 eingerichtet):

- Auswahl einer Fläche mit starkem Befall, auf denen bisher keine Maßnahmen durchgeführt wurden
- Einmessen der Versuchsflächen mittels Maßband
- Markieren aller Ecken mit Weidezaunpfosten
- Markieren der Flächengrenzen mittels Maurerschnur

Kartierung:

Auf allen Versuchsflächen wurden alle einzelnen Blüten der Herbstzeitlose gezählt (einschließlich der verblühten, soweit noch erkennbar).

Kontrollflächen	R-K 1	R-K 2	R-K 3
Anzahl HZL	34	80	43
TF Roboter Frühjahr & Herbst	R-FH 1	R-FH 2	R-FH 3
Anzahl HZL	66	45	92
TF Roboter Herbst	R-H 1	R-H 2	R-H 3
Anzahl HZL	56	42	88



Karte 5: Ergebnisse der Kartierung Herbst 2023

Dauerhafte Markierung der Versuchsfelder:

Einmessen der Ecken aller Versuchsfelder mittels GPS zur ungefähren Lokalisierung.

Vergraben von Magneten an allen Ecken der Probefelder mittels Gartenschaufel und Magnetsetzer, Setztiefe ca. 15cm.

Maßnahmendurchführung:

25.-26.09.2023 - 58 Personenstunden - 4 Personen

Durchgeführte Maßnahmen:

- Kontrollflächen (K): Keine Maßnahmen auf 3 Flächen
- Frühjahr & Herbst-Flächen (HF): Robotereinsatz (Ausbohren aller Knollen) auf 3 Flächen
- Herbst-Flächen (F): Robotereinsatz (Ausbohren aller Knollen) auf 3 Flächen

Erkenntnisse bei der Maßnahmendurchführung:

Bei zu hohem Bewuchs wickelt sich das Gras um den Bohrer und blockiert die Bohreinheit. Da die Fläche nicht gemäht und mit hohem Gras bestanden war, mussten die Herbstzeitlosen-Pflanzen zum Ausbohren von Hand freigeräumt werden.

Die Blüten sind zwar immer noch zu erkennen, bilden im hohen Bewuchs aber sehr lange Blütenstiele aus (bis zu 20cm). Speziell im niederliegenden Gras ist der Ort des Erdaustritts der Blüte (= Position Knolle) z.T. deutlich von dem eigentlichen Blütenkopf entfernt. Auch aus diesem Grunde muss die Blüte manuell freigeräumt und die Bohreinheit manuell positioniert werden.

Der Bohrer zermahlt die Knolle weitgehend, die Teile verbleiben im Bohrloch. Ausgegrabene Teilstücke der Knolle wurden in Rodenbach in einem Gartenbeet eingesetzt, um festzustellen, ob die beschädigte Knolle wieder austreibt.

Im hohen Gras hinterlässt der Roboter naturgemäß deutliche Spuren.



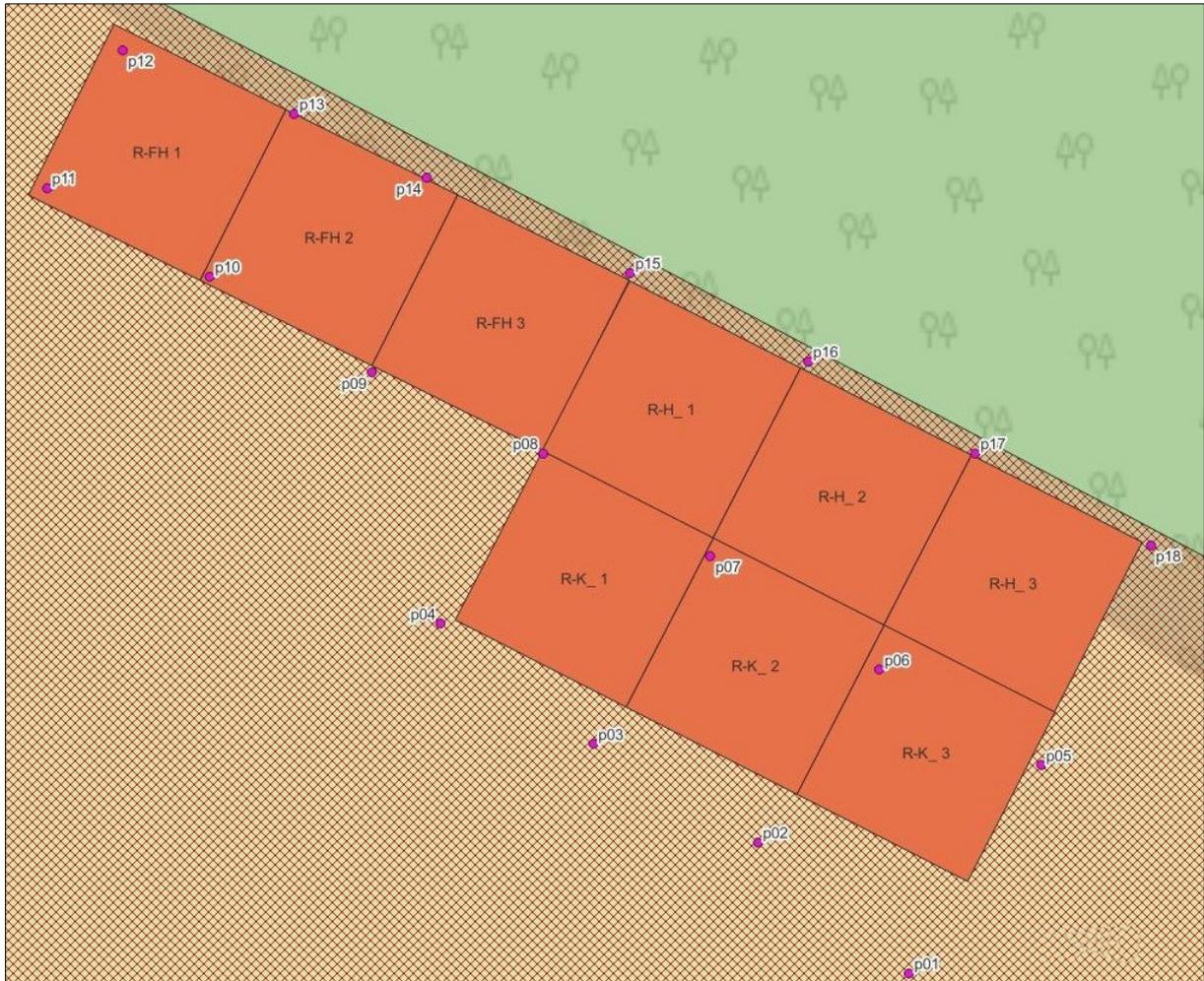
Da die Trainierung der Bilderkennungs-Software mit den gespeicherten Bildern aus dem hohen Bewuchs unter Umständen problematisch ist, wurde ein weiterer Versuchslauf auf einer Fläche unternommen, die vor ca. 2 Wochen gemäht worden ist und ausreichend Herbstzeitlosen-Blüten aufwies (Fläche 209). Hier wurde nur zum Teil ausgebohrt, da es hier in erster Linie um Erstellung von Bildmaterial ging.

Um eine erste Abschätzung des Erfolgs vorzunehmen, wurden auf beiden Flächen je 5 Bohrlöcher nachgegraben. Auf der Fläche 61 war in zwei Fällen die Knolle unbeschädigt, einmal weil sie tiefer als die Arbeitstiefe und einmal weil sie seitlich des Bohrbereichs saß. Auf der Fläche 209 wurde in allen Fällen die Knolle zerstört.

Beräumen der Fläche:

Entfernen von Maurerschnur und Weidezaunpfosten, um uneingeschränkte Bearbeitung zu ermöglichen.

Anhang:



Karte 6: Lage der GPS-Einmeßpunkte zu den Versuchsflächen

Liste der Einmeßpunkte (kml-Datei)

```
name,"lat","lon","alt","acc","time"
p01,"50.160935","9.003312","56","1.80","2023-09-26T07:38:51.775+0200"
p02,"50.160997","9.003202","59","0.80","2023-09-26T07:39:18.022+0200"
p03,"50.161043","9.003082","59","0.80","2023-09-26T07:39:48.821+0200"
p04,"50.161100","9.002970","60","0.80","2023-09-26T07:40:19.980+0200"
p05,"50.161033","9.003408","61","0.80","2023-09-26T07:41:11.121+0200"
p06,"50.161078","9.003290","61","1.30","2023-09-26T07:41:33.428+0200"
p07,"50.161132","9.003167","60","0.90","2023-09-26T07:41:56.139+0200"
p08,"50.161180","9.003045","61","0.90","2023-09-26T07:42:18.202+0200"
p09,"50.161218","9.002920","60","0.90","2023-09-26T07:42:39.695+0200"
p10,"50.161263","9.002802","61","0.80","2023-09-26T07:43:10.806+0200"
p11,"50.161305","9.002683","61","0.90","2023-09-26T07:43:33.384+0200"
p12,"50.161370","9.002738","60","0.90","2023-09-26T07:43:58.318+0200"
p13,"50.161340","9.002863","61","0.90","2023-09-26T07:44:21.256+0200"
p14,"50.161310","9.002960","62","0.90","2023-09-26T07:44:45.207+0200"
p15,"50.161265","9.003108","62","1.20","2023-09-26T07:45:10.715+0200"
p16,"50.161223","9.003238","62","2.00","2023-09-26T07:45:33.496+0200"
p17,"50.161180","9.003360","62","1.00","2023-09-26T07:45:57.102+0200"
p18,"50.161137","9.003488","63","1.00","2023-09-26T07:46:20.650+0200"
```

Verwendetes Material & Geräte:

- 18 Magnete (Fa. Attenberger)
- Magnetsetzer (Fa. Attenberger)
- 18 Weidezaunpfosten
- 300m vorbereitete, 10m-markierte Maurerschnur
- schmale Gartenschaufel (Gardenline)
- Smartphone zum Einmessen (Blackview BV6000, Locus Map)
- 2 Roboter der Fa. Paltech



Arbeitsberichte der Fa. Paltech

Anmerkung: In der Extraktions-Liste aufgeführte Vorgänge mit „nicht entfernt“ sind Bohrvorgänge, die manuell abgebrochen wurden, um zusätzliches Bildmaterial zur Trainingung der KI zu erhalten. Die interne Kamera nimmt Bilder automatisch mit Start des Bohrvorgangs auf, kann jedoch nicht unabhängig davon gestartet werden. Die entsprechenden Pflanzen, soweit sie sich auf den Versuchsflächen befanden, wurden in einem weiteren Bohrvorgang entfernt. Da der Roboter in diesem ersten Durchgang manuell gesteuert wurde, sind keine Pflanzen auf den Versuchsflächen unbearbeitet geblieben. Eine Erfolgsbeurteilung nach dieser Liste ist nur für autonome Steuerung sinnvoll.