22. AALE-Konferenz
Rosenheim, 25.–27. Februar 2026

Entwicklung vom Greifersystemen für ein Autonomes Erntesystem

S. Lack[1,2], P. Dünow[1,2], C. Steinbrecher[1,2]

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag behandelt die Entwicklung von Endeffektoren für mobile, autonome Erntesysteme im landwirtschaftlichen Umfeld. Mobile autonome Systeme sind in der Landwirtschaft seit Längerem etabliert, etwa Erntefahrzeuge, die mittels GPS-gestützter Navigation vorab definierte Trajektorien abfahren. Besondere Herausforderungen ergeben sich, wenn diese Systeme in selektiven Ernteprozessen eingesetzt werden. Solche Prozesse finden sich insbesondere bei Feldfrüchten in Sonderkulturen. Bei diesen Kulturen, exemplarisch seien Beerenfrüchte, Tomaten und Paprika genannt, werden ausschließlich reife Früchte geerntet, während unreife Früchte an der Pflanze verbleiben, um nachzureifen.

In vielen dieser Kulturen werden nicht nur besondere Anforderungen an das Gesamtsystem gestellt, eine zentrale Komponente ist der Endeffektor. Dieser muss an den jeweiligen Prozess angepasst sein, um einen sicheren und schonenden Greif- bzw. Erntevorgang zu gewährleisten.

Stichwörter

Autonome Roboter, Agrarroboter, Agrartechnik, Endeffektoren

1 Einleitung

Im Rahmen eines Projekts wurde ein System zur selektiven Ernte von Erdbeeren entwickelt. Der Schwerpunkt lag nicht ausschließlich auf dem Endeffektor, dieser stellt jedoch eine zentrale Komponente des Gesamtsystems dar und wird daher in diesem Beitrag vorgestellt. Eine Recherche der im industriellen Umfeld verfügbaren Endeffektoren für Robotersysteme zeigte, dass diese aus verschiedenen Gründen für die Erdbeerernte ungeeignet sind. Auffällig ist insbesondere, dass Greifersysteme für den industriellen Einsatz stark auf konstante Prozessbedingungen angewiesen sind: Lage und Orientierung der Objekte sollten möglichst stabil sein. Zudem wird nur eine geringe Varianz in Form und Masse der zu greifenden Teile erwartet. Platzverhältnisse spielen in stationären Produktionsumgebungen häufig eine untergeordnete Rolle.

Bei der Erdbeerernte treffen diese Voraussetzungen nicht zu. Es handelt sich um einen hoch variablen Prozess, in dem sich zahlreiche Parameter, etwa Fruchtlage, Reifegrad und Umgebungsbedingungen dynamisch ändern, sodass Standardisierung nur in begrenztem Umfang möglich ist. Vor diesem Hintergrund wurden spezifische Anforderungen an den Endeffektor abgeleitet und verschiedene, auf die Anwendung zugeschnittene Greifersysteme entwickelt.

[1] Hochschule Wismar University of Applied Sciences Technology, Business and Design, Faculty of engineering science
[2] Research Group Computational Engineering and Automation (CEA)

Open Access. © 2026 S. Lack, P. Dünow, C. Steinbrecher
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

1.1 Erntesituation und abgeleitete Anforderungen

Die Erntesituation in der Erdbeerkultur lässt sich grob in zwei Anbaumethoden gliedern: (I) den Anbau auf Freiflächen oder unter Folientunneln am Boden und (II) die Kultur auf Stellagen im Folientunnel bzw. Folienzelt. Beide Anbaumethoden stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an das Erntesystem. Besonders relevant sind die beengten Platzverhältnisse, die schwer vorhersagbare Position der Früchte sowie das Vorhandensein störender Blätter und Stängel. Die Anforderungen an den Greifer lassen sich im Wesentlichen wie folgt zusammenfassen:

- Der Endeffektor muss das sichere Greifen einzelner Erdbeeren gewährleisten, ohne die Frucht zu beschädigen.
- Der Endeffektor muss für die beengten Platzverhältnisse der Zielkulturen ausgelegt sein.
- Der Endeffektor muss mit der speziell an den Prozess angepassten Kinematik kompatibel sein (mechanisch, elektrisch und kommunikativ).
- Der Endeffektor sollte Anfahrfehler in Position und Orientierung innerhalb definierter Toleranzen kompensieren.
- Der Endeffektor sollte störende Objekte im Zielumfeld (z. B. Stängel, Blätter) berücksichtigen und Fehlgriffe bzw. Fehlschnitte vermeiden.

2 Umsetzung

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Greiferkonzepte untersucht und im realen Ernteprozess validiert. Im Folgenden werden drei dieser Konzepte vorgestellt und erläutert. Die Greifer sind für die beschriebenen Anbausituationen geeignet und wurden sowohl in der Stellagenkultur als auch in der Freilandkultur erprobt.

2.1 Finger-/Balggreifer

Der hier vorgestellte Finger- bzw. Balggreifer ist dem menschlichen Erntevorgang nachempfunden. Beim Pflücken greift der Erntehelfer die Erdbeere mit der Hand, fixiert sie mit mehreren Fingern und trennt sie anschließend mithilfe einer Schwenk- und Drehbewegung von der Pflanze. Die in Abbildung 1 dargestellte Erntevorrichtung imitiert dieses Vorgehen. Der Greifer besteht im Wesentlichen aus ringförmig angeordneten Federstahldrähten mit gummierten Endverdickungen. Diese Drähte sind in einer unteren Kreisscheibe fixiert und werden durch eine weiter oben angeordnete Kreisscheibe mit Lochkreis geführt. Werden die Scheiben gegeneinander verdreht, öffnet sich der Greifer. Bei Rückstellung in die Ausgangslage schließt er sich. Befindet sich eine Erdbeere zwischen den Drähten, legen sie sich an den Fruchtkörper an und fixieren ihn. Analog zur menschlichen Hand wird die zum Fixieren erforderliche Kraft auf mehrere Anlagepunkte verteilt, um Beschädigungen der Frucht möglichst zu vermeiden.

Abbildung 1: Finger-/Balggreifer CAD Daten und Test mit realen Erdbeeren

Der beschriebene Greifer wurde erfolgreich zum Patent angemeldet [1]. In der Patentschrift ist er umfassender dargestellt und verfügt über eine zusätzliche Fixier- und Einzugsmechanik mittels Un-

Open Access. © 2026 S. Lack, P. Dünow, C. Steinbrecher
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

terdrucks. Diese sollte ursprünglich die Frucht kontrolliert zwischen die Federstahldrähte führen. Daraus ergaben sich jedoch ein höherer Energiebedarf, ein deutlich komplexerer Aufbau und eine erhöhte Fehleranfälligkeit. Beobachtet wurden zudem eine nicht in jedem Fall sichere Fixierung aufgrund der stark gekrümmten und unregelmäßigen Oberfläche der Erdbeere sowie eine Anfälligkeit für Verschmutzung mit entsprechender Reduzierung der Haltekraft.

Der weitgehend offene Aufbau erwies sich in bestimmten Situationen als problematisch. Bei sehr dichter Anordnung von Früchten, Stängeln und Blättern konnten diese zwischen die Drähte geraten, sich bei der anschließenden Erntebewegung verfangen und das Ergebnis negativ beeinflussen.

Bezugnehmend auf die zuvor formulierten Anforderungen ergibt sich folgendes Fazit: Der Greifer kann die Erdbeere verletzungsfrei und sicher greifen. Er ist an beengte Platzverhältnisse angepasst, weist jedoch weiteren Optimierungsbedarf hinsichtlich der Baugröße auf. Der Greifer ist auf die verwendete Kinematik abgestimmt und toleriert Positionierfehler in ausreichendem Maß. Problematisch sind Objekte im direkten Umfeld der Zielfrucht, da sie sich zwischen den Drähten verfangen können. Dies beeinträchtigt den Ernteerfolg und kann zu Beschädigungen der Pflanze sowie benachbarter Früchte führen. Ein möglicher Lösungsansatz ist der Einsatz einer flexiblen Abdeckung. Dieser wurde bislang nicht umgesetzt.

2.2 Scherengreifer

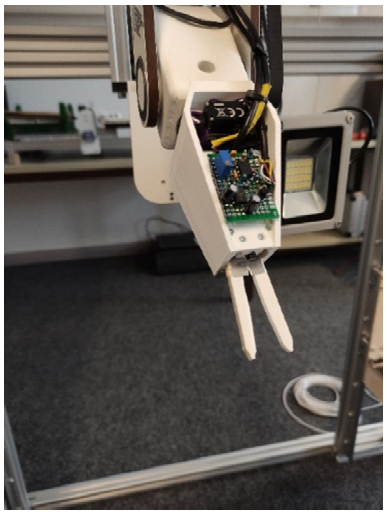

Abbildung 2: Scherengreifer

Ein weiteres Konzept ist ein Scherengreifer zum Halten und Schneiden von Erdbeeren, welcher in Abbildung 2 dargestellt ist. Der Arbeitsmechanismus ist wie folgt: Unterhalb der Messer befinden sich zwei Kunststoffbacken, die mechanisch mit den Messern gekoppelt und mit einem Federelement zur Erzeugung der notwendigen Haltekraft ausgestattet sind. Beim Erntevorgang schließen sich zunächst die Backen und fixieren den Stiel, anschließend durchtrennen die Messer diesen. Die Konstruktion stellt sicher, dass die Erdbeere nach dem Schneiden am Stiel gehalten und anschließend schonend abgelegt werden kann. Ein an der Vorderseite der Backen integrierter optischer Sensor (Lichtschranke) erkennt das Vorhandensein eines Stiels und gewährleistet eine präzise Schnittposition. Zur Erhöhung der Störfestigkeit gegenüber Fremdlicht wird die Lichtschranke mit einem modulierten Signal betrieben: Das Emittersignal wird mit konstanter Frequenz moduliert und auf der Empfängerseite mittels eines schmalbandigen Bandpasses ausgewertet.

In der praktischen Erprobung erwies sich das Greiferkonzept als robuste Lösung. Es zeigte eine geringe Fehleranfälligkeit gegenüber Umwelteinflüssen. Die Schere arbeitete zuverlässig und hatte keine Schwierigkeiten, die Stiele der Früchte zu durchtrennen. Die Lichtschranke detektiert Stängel sicher und wies eine hohe Störfestigkeit gegenüber Fremdlicht auf. Als nachteilig ist jedoch die potenzielle Verschmutzungsanfälligkeit des Sensors zu bewerten.

Im Hinblick auf die zuvor formulierten Anforderungen ergibt sich folgendes Fazit: Der Greifer kann die Erdbeere verletzungsfrei und sicher greifen und ist aufgrund des schlanken Scherenaufbaus für beengte Platzverhältnisse gut geeignet. Defizite bestehen jedoch bei der Tolerierung von Positionierungsfehlern durch die Kinematik. Ursache ist der kompakte Aufbau, der in direktem Widerspruch zu einem großen Öffnungswinkel steht: Eine höhere Fehlertoleranz erfordert größere Öffnungswinkel, was die Eignung in engen Umgebungen reduziert. Zudem wirken sich störende Objekte in unmittelbarer Nähe nachteilig aus. Gelangen sie zwischen die Scheren, kann dies zu Fehlgriffen führen, in

Open Access. © 2026 S. Lack, P. Dünow, C. Steinbrecher
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

deren Folge nicht nur die Zielfrucht, sondern auch weitere Früchte, Stängel und Blätter mit abgeschnitten werden.

2.3 Hakengreifer

Aufbauend auf den Erfahrungen mit dem Scherengreifer wurde eine angepasste Variante entwickelt. Ausgangspunkt war der Zielkonflikt zwischen einer kompakten Bauweise und einer möglichst hohen Toleranz gegenüber Positionierungsfehlern sowie gegenüber Objekten in räumlicher Nähe. Der Aufbau ist in Abbildung 3 dargestellt und lässt sich wie folgt beschreiben.

Der Greifer besteht aus einem festen und zwei beweglichen Elementen. Das erste bewegliche Element ist als Haken ausgeführt und kann mittels eines Antriebs gegen das feste Element verfahren werden. Das zweite bewegliche Element ist federbelastet und dient dem Halten des abgeschnittenen Stängels. Im vorderen Bereich des beweglichen Elements ist ein optischer Sensor (Lichtschranke) integriert, identisch in Aufbau und Funktion zum zuvor beschriebenen Scherengreifer, der der Erfassung der korrekten Schnittposition dient. Im festen Element, oberhalb des Halteelements, ist eine Klinge integriert; diese dient dem Durchtrennen des Stängels. Die Konstruktion wurde zum Patent angemeldet; die Patenterteilung erfolgte im November 2025 [2].

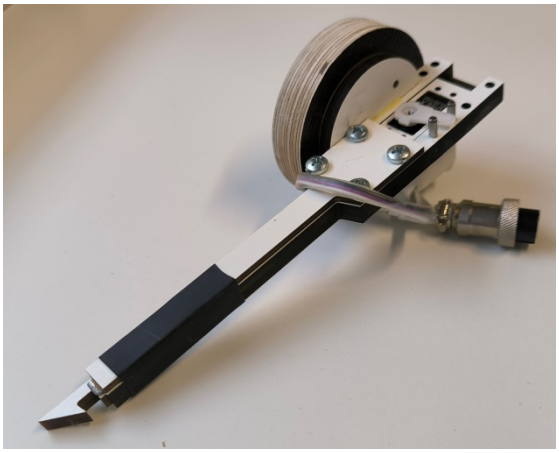

Abbildung 3: Hakengreifer

Die Funktion lässt sich wie folgt beschreiben: Nachdem die zu erntende Frucht durch das Kamerasystem identifiziert wurde, wird der Greifer vor dem Stängel positioniert. Anschließend wird er im rechten Winkel auf den Stängel zubewegt, sodass die Hakenspitze am Stängel vorbeigleitet. Erreicht der Stängel den Raum hinter der Spitze, wird er durch den Sensor erfasst und die Bewegung gestoppt. Es folgt der Schneidprozess: Das bewegliche Hakenelement wird in Richtung des festen Elements verfahren, dabei wird der Stängel von der oberhalb des Hakens angeordneten Klinge durchtrennt und zugleich durch das Halteelement fixiert. Die nun abgetrennte und am Stängel fixierte Erdbeere kann anschließend weiterverarbeitet werden.

Im Hinblick auf die zuvor formulierten Anforderungen ergibt sich folgendes Fazit: Der Greifer kann die Erdbeere verletzungsfrei und sicher greifen und ist aufgrund seines schlanken Aufbaus für beengte Platzverhältnisse gut geeignet. Der beim Scherengreifer identifizierte Zielkonflikt wird weitgehend aufgelöst. Der Hakengreifer weist eine hohe Toleranz gegenüber Positionierungsfehlern und nahegelegenen Störobjekten auf. Dies geht jedoch mit erhöhten Anforderungen an die Bahntreue einher: Der Greifer muss sehr exakt und kontrolliert auf den Zielstängel zubewegt werden, andernfalls ist nicht sichergestellt, dass der korrekte Stängel gegriffen wird.

3 Diskussion und Ausblick

Die vorgestellten Greiferkonzepte adressieren die Kernanforderungen der selektiven Erdbeerernte: fruchtschonendes Greifen/Halten, Anwendbarkeit in beengten Bauräumen und Robustheit gegenüber variabler Fruchtlage. Der Finger-/Balggreifer nutzt verteilte Kontaktpunkte und passive Nachgiebigkeit, der Scheren- und der Hakengreifer koppelt Halten und Schneiden zu einem prozesssicheren Trennvorgang. Grenzen bestehen u. a. bei stark variierenden Fruchtgrößen und Oberflächen (Finger-/Balggreifer) sowie bei verdeckten oder stark streuenden Stielgeometrien (Scherengreifer).

Open Access. © 2026 S. Lack, P. Dünow, C. Steinbrecher
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

Die Eignung wird zudem durch Anfahrwinkel, Bauhöhe und Störgeometrien der Kultur (Freiland, Folientunnel, Stellagen) geprägt.

Ausblick – priorisierte Arbeitspakete:

- Mechanik/Hygiene: austauschbare, weiche Endstücke; schmutzunempfindliche Geometrien; schnelle Reinigung.
- Integration: standardisierte Schnittstellen für Greiferwechsel; Kopplung an Bahnplanung der Trägerkinematik.
- Evaluation: Erntequote, Beschädigungsrate, Taktzeit, Energiebedarf, Wartungsaufwand als Vergleichsmetriken.

4 Zusammenfassung

Es wurden drei Endeffektorkonzepte für die selektive Erdbeerernte entwickelt und im Prozess erprobt: (1) ein Finger-/Balggreifer zur fruchtschonenden Fixierung über multiple Kontaktpunkte, (2) ein Scherengreifer sowie (3) ein Hakengreifer, der Stielhalt und Schnitt kombiniert. Alle Konzepte sind für Freiland- und Stellagenkulturen geeignet und zeigen Robustheit gegenüber variierender Fruchtlage bei begrenzten Platzverhältnissen. Identifizierte Grenzen betreffen Größen-/Formvariabilität, Blattüberdeckungen und kinematikbedingte Positionierfehler. Darauf aufbauend wurden konkrete Entwicklungsfelder (Sensorfusion, adaptive Greif- und Regelstrategien, materialseitige Optimierungen, modulare Integration) und belastbare Bewertungsmetriken abgeleitet. Diese bilden die Grundlage für nächste Iterationen hin zu praxistauglichen, wirtschaftlich einsetzbaren Erntesystemen.

5 Literatur

[1] Dünow, Lack, Kimmel, Schlenther, Steinbrecher, Maletzki (2021), WO2021073688A1, Deutsches Patent- und Markenamt, https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020191275865&CURSOR=0

[2] Dünow, Lack, (2025), WO2021073688A1, Deutsches Patent- und Markenamt, https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020241081341&CURSOR=0

Open Access. © 2026 S. Lack, P. Dünow, C. Steinbrecher
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +