

Die Wege des Wassers in der Landwirtschaft - Herausforderungen für die Ermittlung realitätsnaher Fließwege vom Acker in den Bach



Peter Strauss^{1*}, Thomas Brunner¹, Anna Zeiser¹ und Elmar Schmalz¹

Zusammenfassung

Die Wege des Wassers in der Landschaft werden wesentlich von der Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Ausformung der Landschaft gesteuert. In dieser Arbeit werden drei wichtige Mechanismen dargestellt, die es bei der Betrachtung der Fließwege in der Landschaft zu berücksichtigen gilt. Sie sind unterschiedlichen Skalen in der Landschaft zuzuordnen. Fallbeispiel 1 stellt die Bedeutung von Fahrspuren als Ort des Entstehens von Oberflächenabfluss dar. Fallbeispiel 2 zeigt die Bedeutung der Bodenbearbeitungsrichtung auf dem Acker und diskutiert Beschränkungen und Fehlberechnungen, die sich bei der Verwendung automatisierter Berechnungen von Oberflächenabfluss ergeben (z.B. der D8 Algorithmus), so wie sie in gebräuchlichen Geographischen Informationssystemen (GIS) verwendet werden. Fallbeispiel 3 zeigt die Limits automatisierter Berechnungen von Oberflächenabfluss im Zusammenhang mit linearen Elementen in der Landschaft auf.

Summary

The pathways of surface runoff in the landscape are mainly determined by the way agricultural management takes place and by the characteristics of the landscape. Here we present three main mechanisms which need to be considered when we observe the surface runoff flow paths in the landscape. Example 1 demonstrates the significance of wheel tracks for the generation of surface runoff and soil erosion. Example 2 discusses the importance of the management direction together with challenges that occur by using automated flow direction tools such as the D8 algorithm which is being used within common Geographical Information Systems (GIS). Example 3 provides results on a comparison between automatically generated runoff flow paths and manually derived calculations based on inclusion of additional linear features.

Einleitung

In den letzten Jahren sind die Begriffe „Hangwasser“ und „pluviales Hochwasser“ im Zusammenhang mit Überflutungsproblemen durch Starkregenereignisse vermehrt in der öffentlichen Wahrnehmung aufgetreten. Dabei handelt es sich um Hochwässer, die auftreten bevor der Oberflächenabfluss ein Fließgewässer erreicht („pluvial“) – im Gegensatz zu den „fluvialen“ Hochwässern, die durch Fließgewässer verursacht werden. Die durch diese Ereignisse entstehenden Schäden an Infrastruktur und in Siedlungsgebieten können beträchtlich sein und sie lösen auch hohe emotionale Betroffenheit aus. Eine Analyse der Hochwassersaison 2016 in der Steiermark (Zahnt et al. 2017) zeigte, dass bei 75 % aller untersuchten Gebäude Hangwasser als dominierender Detailprozess für die Überflutung maßgebend war. Pluviale Hochwässer sind also für einen nicht unbeträchtlichen Teil des infrastrukturellen Schadens der Kulturlandschaft verantwortlich. Es ist aber nicht nur der

¹ Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN

* Ansprechpartner: Dr. Peter Strauss, email: peter.strauss@baw.at

Oberflächenabfluss, der hier zu enormen Schäden führt, sondern auch das im Abfluss transportierte Sediment, das primär aus landwirtschaftlich genutzten Flächen stammt (siehe z.B. Bauer et al. 2019).

Um Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Hangwasseranfall effektiv planen und durchführen zu können, ist eine genaue Kenntnis der Fließwege des Oberflächenabflusses vom Ort der Entstehung bis zur Einmündung in die Gewässer unerlässlich. GIS bieten hier die Möglichkeit, eine automatisierte Berechnung und Modellierung solcher Fließwege durchführen zu können. Dies wurde in der Vergangenheit auch mehrmals praktiziert, zumindest die Länder Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark stellen sogenannte Hangwassergefahrenkarten als Orientierungshilfe für die Identifizierung möglicher von Hangwasser betroffener Siedlungsbereiche digital zur Verfügung. Diese Karten weisen den Verlauf der Hangwasserfließwege, sowie deren Aufttrittspunkte auf Siedlungsgebiet samt der Größe des dahinterliegenden Einzugsgebietes aus (Land NÖ - Gruppe Wasser 2016). Eine solche Darstellung ermöglicht eine rasche, stark vereinfachte Einschätzung der Größenordnung des potenziell anfallenden Oberflächenwassers.

Die Verwendung automatisiert erstellter Ausweisungen von Abflusswegen kann allerdings nicht immer die Grundlage für realitätsnahe Anwendungen darstellen. Hösl et al. (2012) untersuchten die Frage, wie lineare Strukturen (Gräben, Drainagen u.ä.) die Effektivität von Gewässerrandstreifen entlang von Gewässern beeinflussen. Dabei stellte sich heraus, dass in 3 von 5 untersuchten hydrologischen Einzugsgebieten Niederösterreichs bis zu 50 % der Einzugsgebietsfläche in lineare Fließwegstrukturen münden bevor sie in die Nähe eines Gewässers gelangen und so der allgemeinen Vorstellung eines Rückhalts in Gewässerrandstreifen entgegenstehen.

Die Problematik dabei ist nicht nur der Umstand, dass lineare Strukturen in der Landschaft vorhanden sind, sondern auch, dass sie mit automatisiert erstellten Fließwegkarten unter Umständen nicht erfasst werden (Hösl 2012, Alder et al. 2015). Auch im Bericht zur Gefahrenhinweiskarte für NÖ (Land NÖ - Gruppe Wasser 2016) wird darauf hingewiesen, dass vor weiteren Planungsschritten, wie beispielsweise bei Rückhaltebecken oder der Freihaltung von Gefährdungsbereichen, eine Begehung und Verifizierung der Fließwege unerlässlich sei.

Es sind aber nicht nur lineare Strukturen in der Landschaft, die uns vor Herausforderungen stellen, sondern schon die Erfassung der Fließwege des Oberflächenabflusses direkt auf dem Acker kann zu erheblichen Problemen führen. Dabei ist auch zu beachten, dass es essentiell ist, für die Etablierung von Schutzmaßnahmen zum Wasserrückhalt in der Landschaft die Größenordnung eines möglichen Oberflächenabflusses beurteilen zu können, weil sich die Wirksamkeit und Anwendbarkeit von Maßnahmen nach der Lage in der Landschaft zu richten hat (Strauss et al. 2007).

Um diese Problematik zu untersuchen, werden hier Ergebnisse aus drei Fallstudien dargestellt, die zur Diskussion des Problems der Fließweganalyse in der Landschaft beitragen sollen.

Fallstudie 1

Fahrspuren sind sie auf Grund der Bodenverdichtung und der daraus resultierenden verringerten Infiltrationsleistung jene Orte innerhalb eines landwirtschaftlich genutzten Schlages, an dem Oberflächenabfluss initial auftritt, andererseits agieren sie aufgrund ihrer topographischen Lage auch als bevorzugte Fließwege. Eine Untersuchung in Oberösterreich sollte zeigen, inwieweit sich Oberflächenabfluss und Bodenerosion auf Flächen mit oder ohne Fahrspurlockerung unterscheiden. Dazu wurden Regensimulationsversuche mit entsprechenden Varianten durchgeführt (Hösl et al. 2016).

Die höchsten Bodenabträge als auch Oberflächenabflüsse waren dabei in der Variante Grubber ohne Lockerung der Fahrspur zu beobachten, diese waren sogar höher als konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflugfurche im Herbst und Kreiselegge mit an-

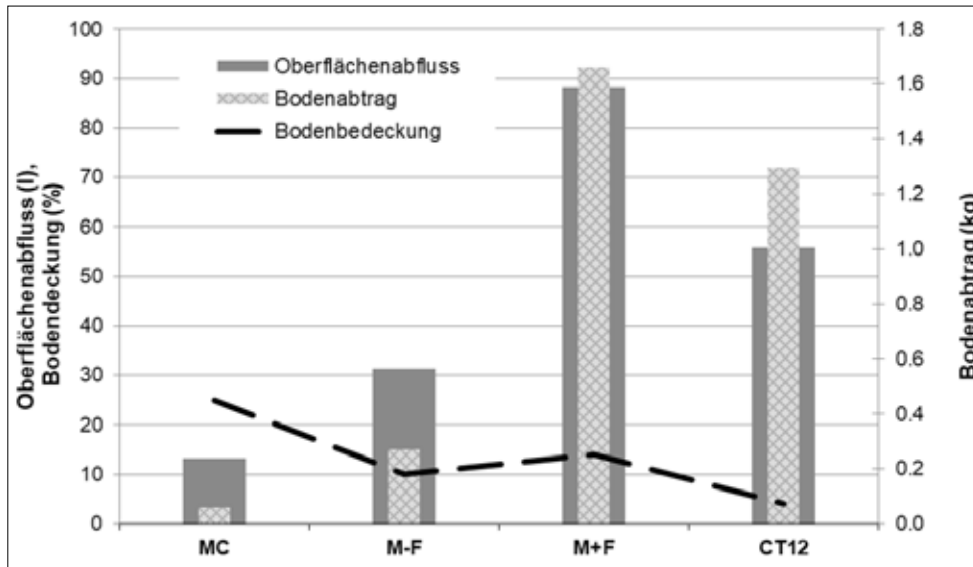


Abbildung 1: Vergleich von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss verschiedener Bodenbearbeitungsvarianten im Regensimulationsversuch: MC = Mulchsaat, Kreiselegge; M-F = Mulchsaat, Grubber, mit Fahrspurlockerung; M+F = Mulchsaat, Grubber, keine Fahrspurlockerung; CT12 = Herbstfurche Pflug, Kreiselegge.

schließendem Anbau im Frühling. Dies zeigt, dass Fahrspuren bei der Entstehung von Oberflächenabfluss eine große Bedeutung spielen.

Fallstudie 2

Bei automatisiert erstellten Abflusswegen werden üblicherweise Rasterdaten eines Digitalen Höhenmodells (DHM) verwendet, für die mit Hilfe eines bestimmten Algorithmus der Abfluss von einer Zelle zur nächsten transportiert wird. Der gebräuchlichste dieser Algorithmen errechnet aus 8 Möglichkeiten die Richtung der steilsten Hangneigung („steepest descent“) für jede Zelle und gibt den Fließweg dann zu 100% in die nächste Zelle dieser Richtung weiter (Jensen and Domingue 1988). Es gibt hier eine Reihe weiterer Algorithmen, die sich vor Allem in der Aufteilung des Oberflächenabflusses in eine oder mehrere Nachbarzellen unterscheiden. Prinzipiell wird der Weg des Abflusses aber über die Neigung und die Exposition der Rasterzellen berechnet. Untersucht man landwirtschaftlich genutzte Flächen so gibt es – sehr vereinfacht betrachtet - zwei Möglichkeiten der Bearbeitung, entweder in Hangrichtung oder quer zur Hangrichtung.

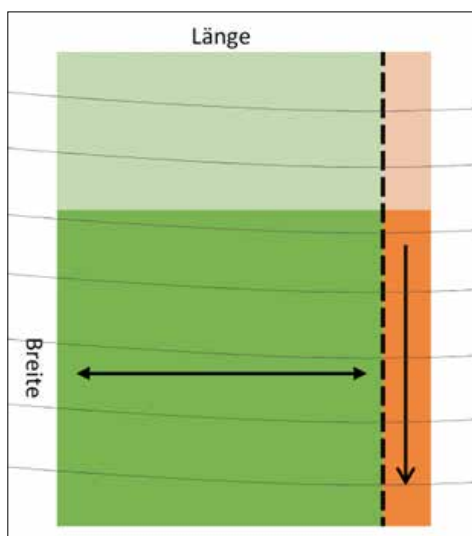


Abbildung 2: Bearbeitung quer zum Hang;

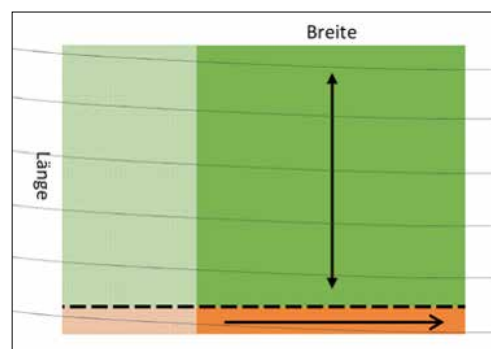
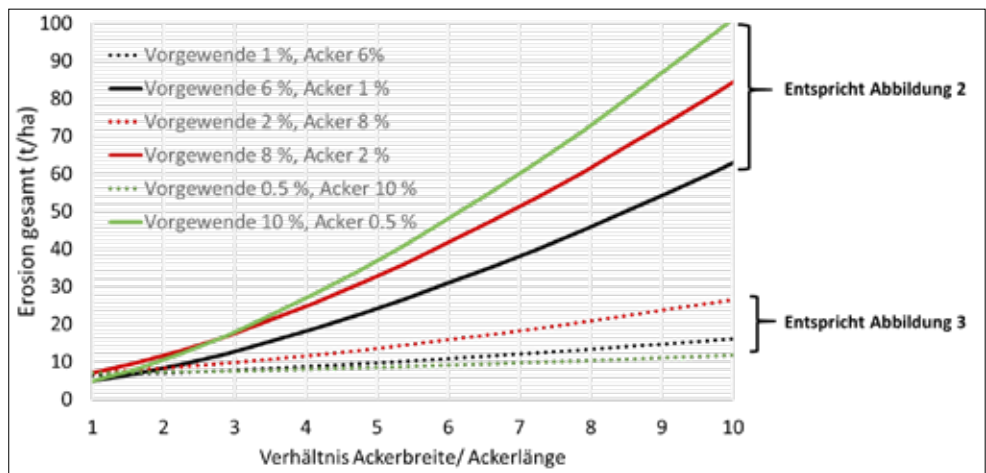


Abbildung 3: Bearbeitung in Fallrichtung; variable Ackerbreite.

Abbildung 4: Bearbeitung quer zum Hang, der Oberflächenabfluss folgt der Bearbeitungsrichtung (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 5: Bodenabtrag bei Variation der Ackerbreite von 50 – 800 m, Ackerlänge konstant 50 m.



Normalerweise folgt die Richtung des Oberflächenabflusses der Bearbeitungsrichtung (Takken et al. 2001) und zwar auch in Fällen, in denen die Bearbeitung quer zum Hang erfolgt. Aufgrund bestimmter Kombinationen aus Hangneigung, Rauigkeit und Oberflächenabfluss kann es aber zu Situationen kommen, in denen die Richtung des Oberflächenabflusses dann nicht mehr der Bearbeitungsrichtung folgt, sondern der Hangneigung. Hier liegt also ein grundsätzlicher Gegensatz zur Verwendung von automatisierten Routing-Algorithmen vor. Dies stellt kein Problem dar, solange die Bodenbearbeitung in Richtung der Hangneigung erfolgt. Wird allerdings eine Bodenbearbeitung quer zum Hang durchgeführt, kann es einerseits zu einer Fehlinterpretation der Abflusswege kommen, aber auch zu einer fehlerhaften Berechnung möglicher Schäden durch Bodenerosion.

Abbildung 2 und Abbildung 3 stellen zwei Möglichkeiten der Bodenbearbeitung in Hangrichtung bzw. quer zur Hangrichtung schematisch dar. Abbildung 4 zeigt die Situation der Abbildung 2 in der Realität.

Es stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die verschiedenen Bearbeitungsrichtungen auf den Bodenabtrag eines Schlages haben. Beispielhaft wurde der Bodenabtrag berechnet, der im Vergleich der Abbildung 2 und Abbildung 3 stattfindet. Dazu wurden zwei Fließwegmodelle erstellt (entsprechend Abbildung 2 und Abbildung 3), und der jeweilige Bodenabtrag mit einem Erosionsmodell (CASE2) berechnet. Am Beispiel dieser beiden Varianten (Abbildung 5) zeigt sich ein beträchtlicher Unterschied des Bodenabtrags, der mit herkömmlicher Generierung von Abflusswegen nicht erfasst wird.

Fallstudie 3

Eine Studie in Niederösterreich beschäftigt sich mit der Frage, wie sich durch die Einbeziehung einer Feldkartierung das Muster von Fließwegen verändert (Zeiser 2019). Im Speziellen wurde der Frage nachgegangen, ob die zusätzliche manuelle Erfassung

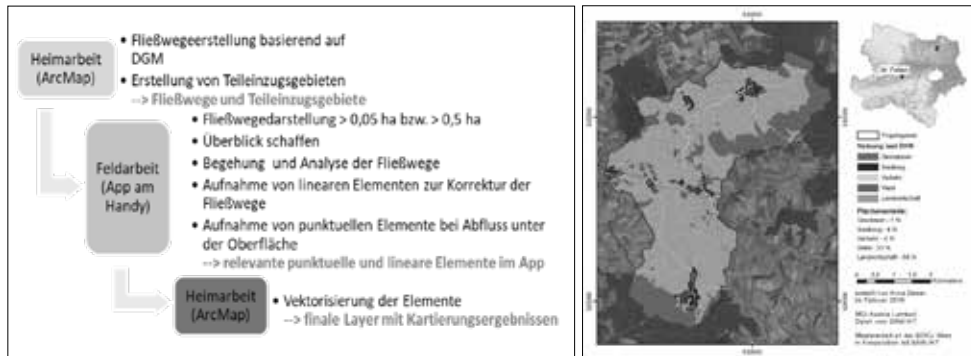


Abbildung 6: Bearbeitungsschema der Erfassung von linearen Landschaftselemente (links) und Überblick zum Bearbeitungsgebiet im niederösterreichischen Weinviertel (rechts).

linearer und punktueller Strukturen in der Landschaft eine wesentliche Veränderung der Einzugsgebietsgrößen und/oder eine Verschiebung der automatisch erstellten Fließwege des Oberflächenabflusses bewirkt. Dazu wurden Feldbegehungen im Einzugsgebiet der Zaya (NÖ) durchgeführt und nach einem in der *Abbildung 6* dargestellten Ablaufschema lineare Abflussstrukturen, Verrohrungen, Gräben, Straßendurchflüsse etc. erhoben und in Oberflächenabflussmodelle integriert.

Dabei wurden nicht nur unterschiedliche lineare Elemente kartiert, sondern auch der Aufwand abgeschätzt, mit dem diese Elemente erfassbar sind.

Im Allgemeinen führte die Kartierung zu einer Verringerung der durchschnittlichen Größe der erfassten Teileinzugsgebiete (*Abbildung 7*). Der Einfluss der kartierten Elemente auf die Einzugsgebiete und deren Einmündungspunkte ins Gewässer zeigte sich aber auf unterschiedliche Weise (Teilung oder Verschmelzen von Einzugsgebieten, Verschiebung von Einmündungspunkten, Ersatz von oberflächlichen Einmündungen durch punktförmige Einleitungen). Die mittels zusätzlicher Kartierung ermittelten Fließwege zeigten, dass 30-35 % der Einzugsgebietsfläche an Punkten ins Gewässer münden, die durch die automatisierte Berechnung der Fließpfade nicht als Einmündungspunkte erfasst wurden. Diese Einzugsgebietsfläche wäre bei Schutzmaßnahmen basierend auf den Einmündungspositionen der automatisierten Berechnung ungeschützt. Der Vergleich unterschiedlicher Kartierungsgenauigkeiten zeigte bereits eine deutliche Änderung für die Erfassung der Fließwege durch die Kartierung von punktförmigen Verbindungspunkten des Oberflächenabflusses (Verrohrungen, Straßendurchlässe u.ä.), lineare Elemente die

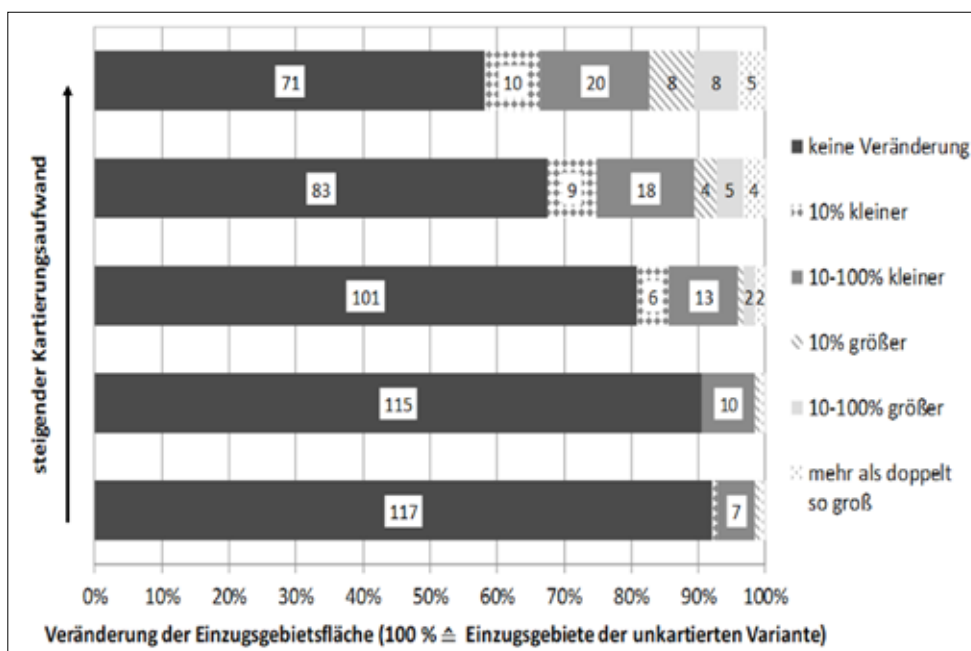


Abbildung 7: Veränderung der Größe von Einzugsgebieten bei zusätzlicher Erfassung linearer Elemente in der Landschaft.

leicht zu erfassen waren (Straßengräben u.ä.) führten hingegen nur zu einer geringen Beeinflussung der Fließwege und scheinen daher in einem DHM gut repräsentiert zu sein. Die weitere Erfassung unauffälligerer linearer Elemente, die sich häufig entlang von Feldwegen befanden, brachte eine weitere signifikante Veränderung der berechneten Fließwege. Dies deutet darauf hin, dass ein DHM auch mit der Auflösung von 1x1 m solche Elemente nicht ausreichend genug abbilden kann.

Literatur

Alder S., Prasuhn V., Liniger H., Herweg K., Hurni H., Candinas A., Gujer HU (2015) A high-resolution map of direct and indirect connectivity of erosion risk areas to surface waters in Switzerland-A risk assessment tool for planning and policy-making. *Land use policy*, 48, 236–249.

Bauer M., Jachymova B., David V., Krasa J., Rosendorf P., Strouhal L., Devaty J., Dostal T. (2019) Risk to residents, infrastructure, and water bodies from flash floods and sediment transport. *Environ. Monit. Assess.*, 191.

Hösl R., Strauss P., Glade T. (2012) Man-made linear flow paths at catchment scale: Identification, factors and consequences for the efficiency of vegetated filter strips. *Landsc. Urban Plan.*, 104, 245–252.

Hösl, R., Strauss P. (2016) Conservation tillage practices in the alpine forelands of Austria – Are they effective? *Catena* 137, 44-51.

Jenson SK, Domingue JO (1988) Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, 54, 1593–1600.

Land NÖ - Gruppe Wasser (2016) Gefahrenhinweiskarte Hangwasser. St. Pölten. http://www.noel.gv.at/noel/Wasser/Gefahrenhinweiskarte_Hangwasser_web.pdf.

Strauss P., Leone A., Ripa MN, Turpin N., Lescot JM, Laplana R. (2007) Using critical source areas for targeting cost-effective best management practices to mitigate phosphorus and sediment transfer at the watershed scale. *Soil Use Manag.*, 23, 144–153.

Takken I., Govers G., Steegen A., Nachtergaele J., Guerif J. (2001) The prediction of runoff flow directions on tilled fields. *J. Hydrol.*, 248, 1–13.

Zahnt N., Eder M., Habersack H. (2017) Herausforderungen durch pluviale Überflutungen – Grundlagen, Schäden und Lösungsansätze. *Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaft*, 70, 64–77.

Zeiser A. (2019) Fließweganalyse des Hangwassers im Einzugsgebiet der Zaya, Niederösterreich. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.