

## „Archäo-Lipide“: Nachweis und Charakterisierung von Düngungs- und Viehwirtschaftsmarkern in archäologischem Bodenmaterial

Bislang konnte in begrabenen neolithischen Ackerhorizonten mit Hilfe geochemischer Analysen (zum Beispiel von Nährstoffen) keine Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit festgestellt werden. Dies ist erstaunlich, da jahrelanger Ackerbau und der damit verbundene Entzug von Nährstoffen durch die Feldfrüchte eigentlich zu einer Abnahme der Nährstoffvorräte des Bodens und damit zu einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit hätte führen müssen. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, ob nicht schon die frühen Ackerbauern über Wissen verfügten, die Bodenfruchtbarkeit ihrer Felder zu erhalten. Eine mögliche Strategie dies zu tun, wäre das Düngen der Felder mit Mist.

Eine Düngung, die vor vielen hundert bis tausend Jahren erfolgt ist, kann heutzutage noch mithilfe von Biomarkern nachgewiesen werden. Biomarker sind Substanzen biologischen Ursprungs, die in der Umwelt viele Jahrhunderte stabil sind, und die man selbst noch in Bodenmaterial findet, in dem mit bloßem Auge nur noch eine leichte Verfärbung festzustellen ist. Von besonderem Interesse sind hierbei Steroide, Substanzen, die entweder über die Nahrung aufgenommen werden oder im Darm oder der Leber von Menschen und Tieren im Zuge der Verdauung gebildet werden. Solche Steroide gelangen mit Fäkalien in die Umwelt und können über Jahre im Boden überdauern.

Ziel dieses Projektvorhabens war es deshalb i) mithilfe von Steroiden als Biomarkern, charakteristische molekulare „Fingerabdrücke“ von Fäkalien alter Nutztierassen zu erstellen, ii) die Stabilität und Abbaudynamik der Steroide in einem Kompostierungsversuch zu kennzeichnen, um schließlich iii) auf Basis der Ergebnisse, die Fragen zu prüfen, ob sich in archäologischen Proben bekannte Fäkaleinträge bestätigen lassen und iv) ob sich in begrabenen Oberböden aus neolithischen Schlitzen Hinweise auf Fäkaleinträge finden.

Als Probenmaterial dienten uns i) Fäkalien alter Nutztierassen und des Menschen, ii) Proben aus einem Kompostierungsversuch mit Pferdemist, sowie iii) Proben archäologischer Ausgraben (Neolithikum bis Römerzeit) aus dem rheinischen Braunkohlenrevier und repräsentativem Umland.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Fäkalien alter Nutztierassen und des Menschen in der Tat anhand ihrer Steroidsignatur eindeutig differenzieren lassen (Abbildungen 1 und 2). Dies ist allerdings nur möglich, wenn neben der üblichen Analyse von  $\beta$ -Stanolen auch weitere Steroidgruppen, wie die der Epi- $\beta$ -Stanole und Gallensäuren erfasst werden.

Mithilfe dieser Steroidsignaturen war es uns dann möglich in archäologischem Probenmaterial mit bekanntem Nutzungshintergrund (zum Beispiel eine Latrine, ein Pferdestall) nicht nur einen Fäkaleintrag nachzuweisen, sondern außerdem die Fäkalquellen sehr genau einzugrenzen. Dies ist bislang noch keiner Studie in diesem Ausmaß gelungen.

Überraschenderweise zeigte die Kompostierungsstudie, dass die bislang für die Archäologie benutzten Biomarker nicht so stabil sind wie gemeinhin angenommen, zumindest unter den Abbaubedingungen im Kompost. So gingen im Mittel 86% der Steroid-Ausgangsgehalte im Frischmist im Zuge der Kompostierung verloren. Eine Ableitung von Düngemengen aus Steroidanalysen ist daher nicht möglich, da die Lagerungszeiten der Fäkalien vor Ausbringung in den Boden ebenso unbekannt sind wie die Stabilität der Signale über viele Jahrhunderte hinweg.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Kompoststudie, können wir jedoch die Detektion von Steroiden in bis zu mehreren tausend Jahre alten Bodenproben als Hinweis dafür deuten, dass zumindest Teile dieser Biomarker, trotz ihres leichten Abbaus, im Boden erhalten bleiben.

Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Untersuchungen begrabener Oberbodenhorizonte neolithischer Schlitzgruben des Fundortes Merzenich (Abbildung 3). Diese länglich schmalen, im Profil sehr tiefen Gruben, die sich außerhalb ehemaliger Siedlungen befanden, wurden oft nur kurz offengelassen und anschließend mit dem damaligen Oberbodenmaterial verfüllt. Ihr tatsächlicher Bestimmungszweck ist jedoch bisher noch unklar. Möglicherweise sind sie als Jagdgruben genutzt worden.

Obwohl diese Oberbodenrelikte bis zu 7000 Jahre alt sind, konnten wir in ihnen erhöhte Gehalte an Gallensäuren gegenüber vergleichbaren Kontrollproben nachweisen. Dies muss als klares Zeichen dafür gewertet werden, dass eine Düngung neolithischer Felder mit Fäkalien stattgefunden hat. Das Steroidmuster ließ dabei einen Eintrag von Schweine- und Rinderfäkalien vermuten. Allerdings konnten wir keine Aussagen darüber treffen, ob diese Düngung intentionell oder zufällig geschah.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die kombinierte Analytik unterschiedlicher Steroidgruppen ein gutes Werkzeug darstellt, einen Eintrag von Fäkalien auch noch in Proben nachzuweisen, die bereits tausende von Jahren alt sind. Es scheint sogar möglich Fäkalquellen zu identifizieren. Eine Rekonstruktion von Fäkalmenngen lässt sich hingegen nicht vornehmen.

*Katharina Prost Dipl.-Ing. agr., Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Bereich Bodenwissenschaften, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*



Abbildung 1: Heckrinder (Abbildzüchtung des Auerochsen, Vorfahr unserer heutigen Rinderrassen) im niederländischen Naturentwicklungsgebiet Oostvaardersplassen

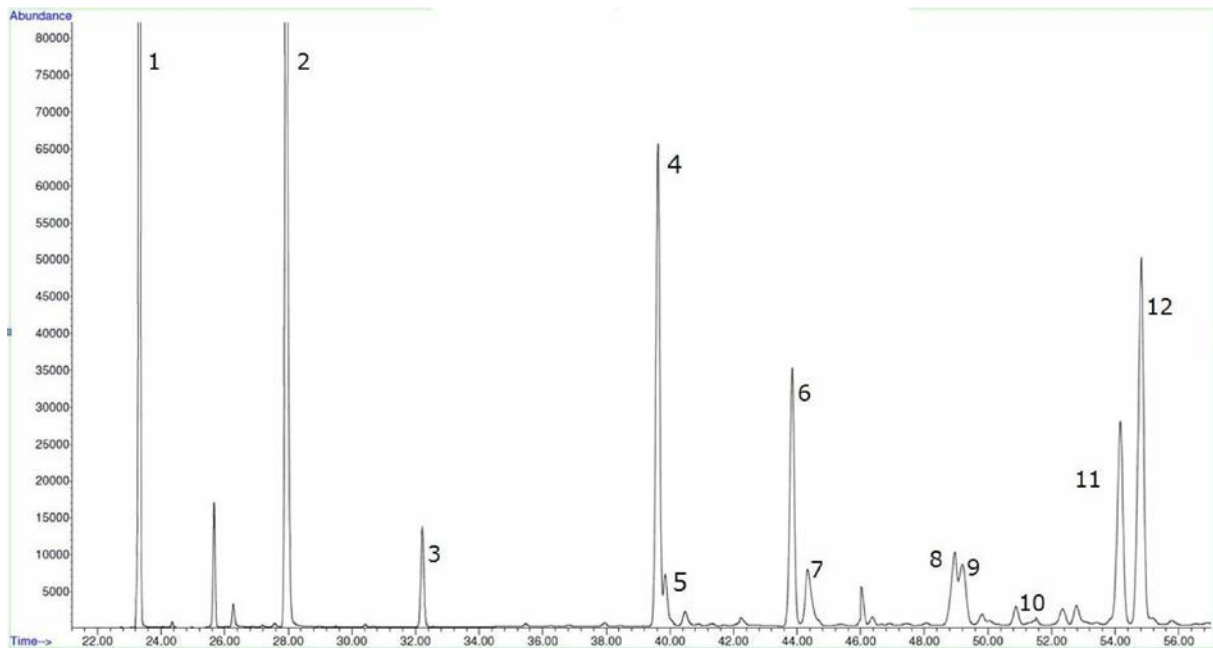


Abbildung 2: Gaschromatographisch-massenspektrometrische Messung der Heckrinderfäkalien. 1= Desoxypregnanolon, 2= Pregnanolon, 3=  $\alpha$ -Cholestan, 4= Coprostanol, 5= Epicoprostanol, 6= Cholesterol, 7=  $\alpha$ -Cholestanol, 8=  $\beta$ -Stigmastanol, 9= Epi- $\beta$ -Stigmastanol, 10= Stigmasterol, 11=  $\beta$ -Sitosterol, 12=  $\alpha$ -Stigmastanol (Abb.: K. Prost)



Abbildung 3: Sehr tiefe, neolithische Schlitzgrube des Fundortes Merzenich