



## Kapitel I

# Prolog



# Prolog

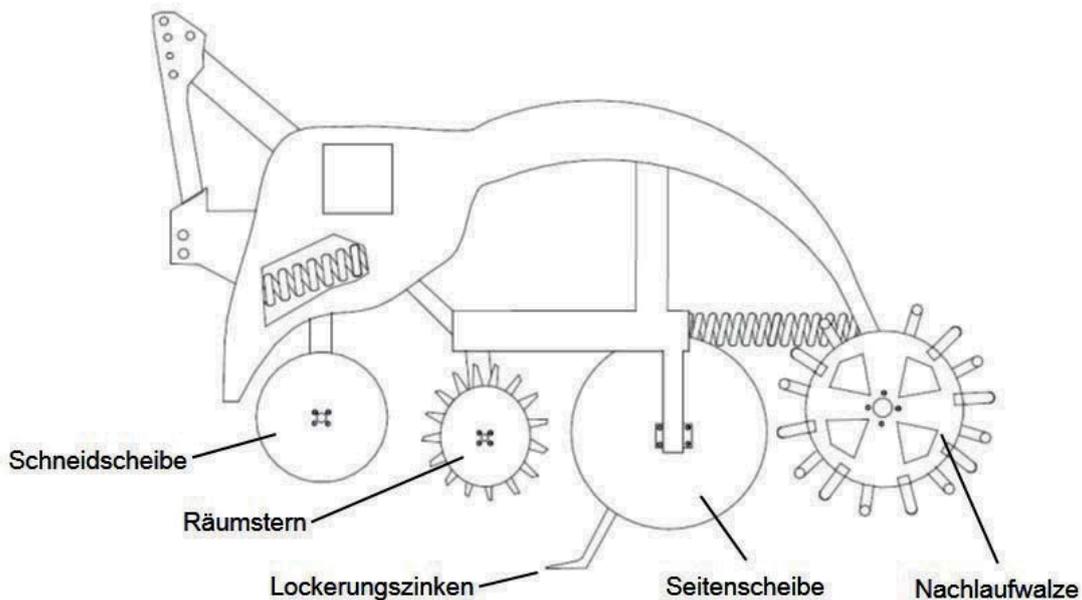
## Hintergrund

Boden ist die wichtigste Produktionsgrundlage bei der Erzeugung von Lebensmitteln und nachwachsenden Rohstoffen für eine zunehmende Weltbevölkerung. Gleichzeitig ist Boden auch eine weltweit begrenzte und gefährdete Ressource. Zur langfristigen Erhaltung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit ist daher eine schonende sowie nachhaltige Bodenbearbeitung und -nutzung erforderlich (*Severin, 2015*).

Ein besonders bodenschonendes Bestellverfahren ist die Direktsaat, bei der die Saatgutablage ohne vorherige Bodenbearbeitung erfolgt (*Tebrügge und Böhrnsen, 2000*). Vorteile zur ganzflächigen Bodenbearbeitung zeigt die Direktsaat insbesondere durch die hohe Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände, die einen hohen Erosionsschutz und eine geringe Evaporation gewährleistet, bei gleichzeitiger Reduzierung der Verfahrenskosten (*Ehlers, 1996; Tebrügge und Düring, 1999*). Verglichen mit der ganzflächigen Bodenbearbeitung führte der vollständige Verzicht auf Bodenbearbeitung bei dem Anbau von Zuckerrüben auf hochproduktiven Lössstandorten in Deutschland zu Mindererträgen (*Pringas, 2005*). Ursachen für den Ertragsrückgang sind größtenteils Probleme in der Etablierung eines ausreichenden und gleichmäßigen Bestandes, besonders bei großen Mengen Pflanzenrückständen der Vorfrucht. Zudem führt die unterlassene Lockerung bei Direktsaat zu einer Verschlechterung der Bodenstruktur (*Koch et al., 2009*).

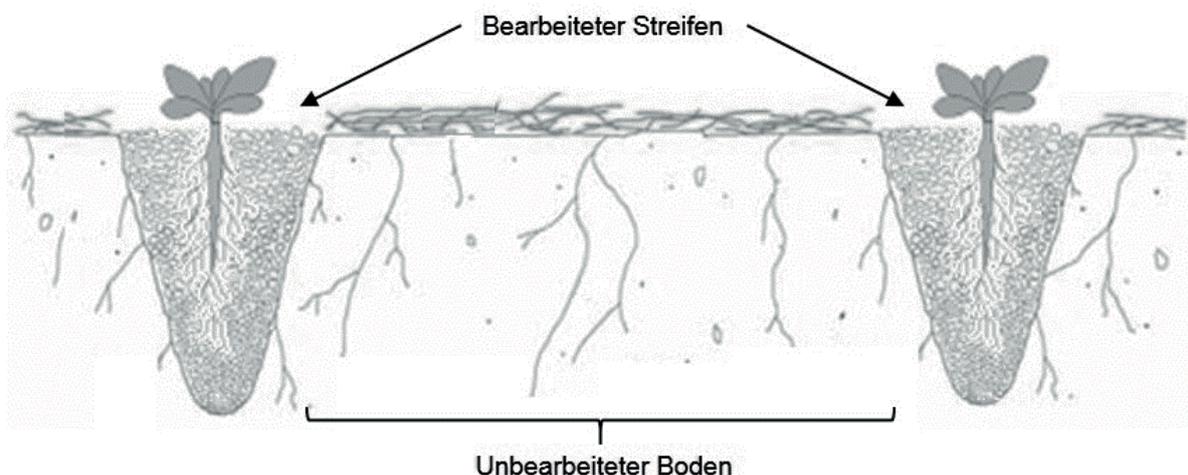
Eine auf Streifen begrenzte Lockerung des Bodens, die maximal 50 % der Gesamtfläche einnimmt, ist die Streifenbearbeitung (*KTBL, 2014*). Die Durchführung der Streifenbearbeitung erfolgt meist ohne vorhergehende Bodenbearbeitung direkt in die Pflanzenrückstände der Vorfrucht bzw. einer Zwischenfrucht. Ein vorlaufendes Scheibensech schneidet die Pflanzenrückstände auf der Bodenoberfläche, die dann von Räumsternen und vom Lockerungszinken aus den späteren Saatreihen entfernt werden (Abb. 1). Seitlich dem Lockerungszinken angeordnete Scheibenseche beugen einem groben Bodenaufbruch vor und halten die aufgeworfene Erde im Bereich des Lockerungstreifens. Eine Nachlaufwalze dient der Zerkleinerung und Rückverfestigung des Bodens. Dadurch sind bei der

Streifenbearbeitung günstigere Bedingungen für die Saatguteinbettung gegeben als bei der Direktsaat (Overstreet, 2009).



**Abb. 1:** Baugruppen bei einem Streifenbearbeitungsgerät, nach KTBL (2014).

Zwischen den Reihen bleibt der Boden unbearbeitet, wodurch in diesem Bereich die Tragfähigkeit sowie Grobporen und das damit verbundene Wasserinfiltrationsvermögen weitgehend fortbestehen (Abb. 2). Zudem können durch Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche, im Vergleich zu ganzflächigen Bodenbearbeitungsverfahren, das Erosionsrisiko und die Evaporation verringert werden (Schwertmann et al., 1990; Jabro et al., 2014). Dadurch bleiben Vorzüge der Direktsaat teilweise auch bei Streifenbearbeitung erhalten.



**Abb. 2:** Schematische Darstellung des Bodenprofils nach Streifenbearbeitung.



## **Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben**

In Nordamerika wurden bereits im Jahr 2004 Untersuchungen zur Streifenbearbeitung im Zuckerrübenanbau durchgeführt (*Evans et al., 2010*). Ein Beweggrund war, durch die Bearbeitung in der Saatreihe Pflanzenrückstände zu räumen und die Bodenerwärmung im Vergleich zur Direktsaat zu fördern. Dadurch entstanden günstigere Bedingungen für Keimung und Jugendentwicklung der Zuckerrübe als bei der Direktsaat (*Overstreet, 2009*). Andererseits sollte im Vergleich zu ganzflächigen Bodenbearbeitungsverfahren das Winderosionsrisiko durch mehr Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche verringert werden. Zudem sollten die Arbeitserledigungskosten im Zuckerrübenanbau, durch eine geringere Anzahl an Überfahrten und den damit verbundenen Einsparungen an Kraftstoff und Arbeitszeit, reduziert werden. Die Streifenbearbeitung wurde in den Untersuchungen von *Evans et al. (2010)* zu Terminen durchgeführt, die in Abhängigkeit vom Tongehalt des Bodens für eine Grundbodenbearbeitung üblich sind: Auf Standorten mit hohem Tongehalt wurde die Streifenbearbeitung in dem der Zuckerrübenaussaat vorhergehendem Herbst durchgeführt, auf Standorten mit niedrigem Tongehalt wurde die Streifenbearbeitung im Frühjahr, teilweise kombiniert mit der Aussaat in einem Arbeitsgang, durchgeführt. Dabei zeigte die Streifenbearbeitung jeweils ein mit nichtwendenden, ganzflächigen Bodenbearbeitungsverfahren mit Saatbettbereitung, vergleichbares Ertrags- und Qualitätsniveau von Zuckerrüben. Die Übertragung nordamerikanischer Ergebnisse auf das west- und mitteleuropäische Anbaugebiet ist aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen kaum möglich (*Fuchs et al., 2008; Wolf und Märländer, 1994*). Zudem sind die Anbaubedingungen der Zuckerrübe und damit die Anforderungen an die Streifenbearbeitungstechnik hinsichtlich Reihenabstand sowie Art und Menge von Ernterückständen der Vorfrucht in Nordamerika anders als in Mitteleuropa (*Evans et al., 2010; Jaggard und Qi, 2006*).

In Deutschland gibt es seit 2006 Versuche zur Streifenbearbeitung im Zuckerrübenanbau. Dabei führte *Sander (2008)* auf norddeutschen Standorten mit Tongehalten im Boden von weniger als 10 % eine Streifenbearbeitung im Frühjahr durch. Mit der sogenannten Schlitzsaat (Streifenbearbeitung, Düngung und Aussaat in einem Arbeitsgang) erzielten Praxisbetriebe



schon bereits seit mehreren Jahren ein zu betriebsüblichen Bodenbearbeitungsverfahren vergleichbares Ertragsniveau (Sander, 2012).

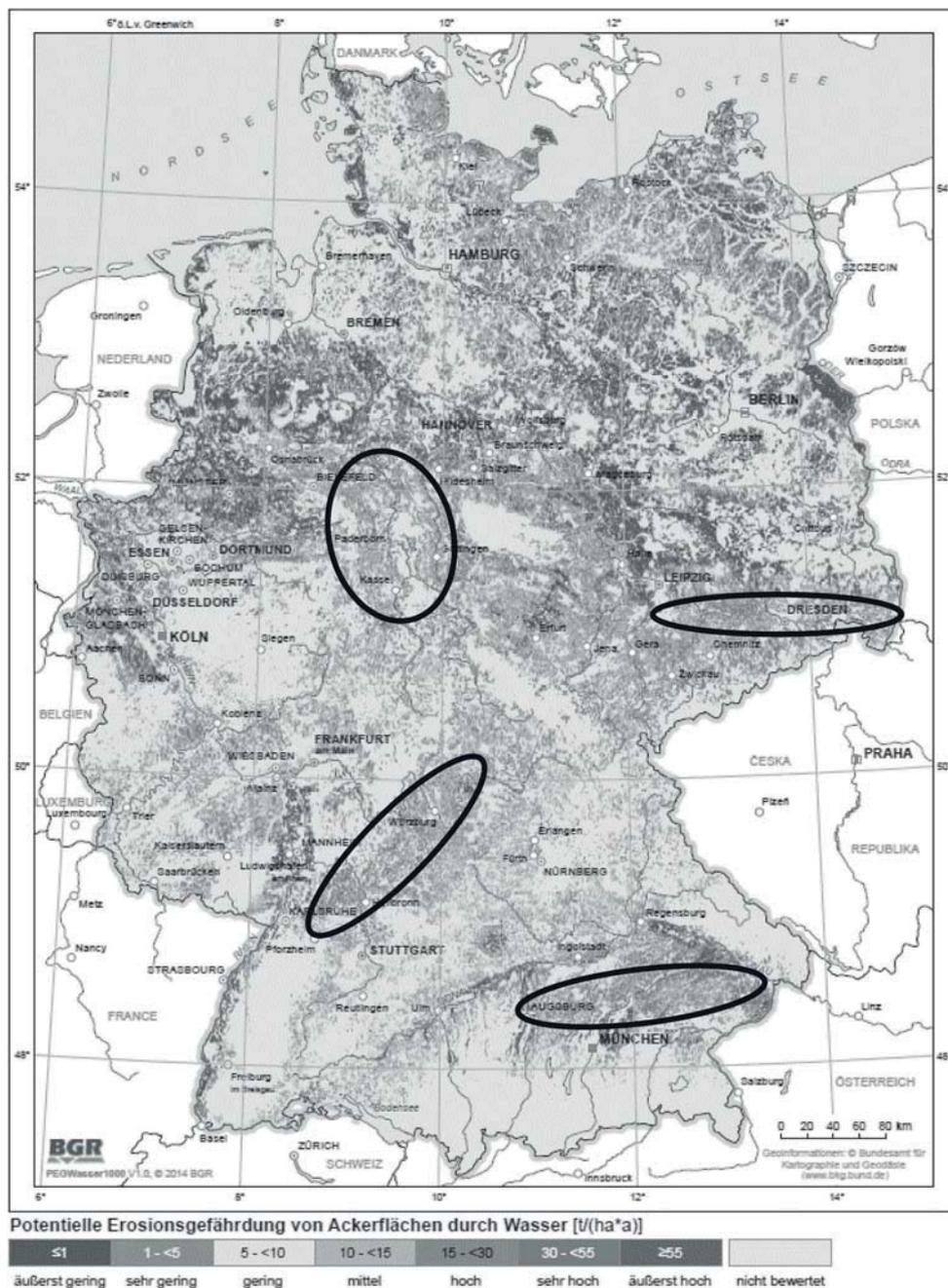
Anders ist es bei Lössboden mit mehr als 10 % Tongehalt, die für den Zuckerrübenanbau in großen Teilen Deutschlands typisch sind. Auf diesen Böden führt eine  $\geq 15$  cm tiefe Streifenbearbeitung im Frühjahr durch den hohen Wassergehalt und eine geringe Schütffähigkeit teilweise zu einer ungenügenden Rückverfüllung und zu ungünstigen Saatbettbedingungen. Eine ungleichmäßige Saatguteinbettung und geringere Feldaufgänge sind die Folge. Zusätzlich fördert eine unvollständige Rückverfestigung das Auftreten von Beinigkeit der Zuckerrüben (Sander, 2012).

Der jahreszeitliche Verlauf der Bodenfeuchte lässt in den deutschen Zuckerrübenanbauregionen im Spätsommer/Herbst günstigere Bedingungen für eine lockernde Bodenbearbeitung erwarten als im Frühjahr vor der Zuckerrübenaussaat. Erste positive Erfahrungen mit einer Streifenbearbeitung auf Lössböden bei trockenem Bodenzustand im Spätsommer/Herbst vor der Zuckerrübenaussaat im Frühjahr liegen vor (Hermann und Claupein, 2010). Dabei wurden mit der Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben vergleichbare Erträge erzielt wie mit der ganzflächigen nichtwendenden Bodenbearbeitung. Jedoch fehlen bislang belastbare Untersuchungen mit breiter Variation der Boden- und Witterungsbedingungen, um die Praxistauglichkeit dieses Verfahrens beurteilen zu können. Zudem sind systematische Untersuchungen zum Einfluss der Streifenbearbeitung auf Wachstum und Ertrag von Zuckerrüben für eine Verfahrensbewertung erforderlich.

### **Bodenerosion durch Wasser im Zuckerrübenanbau**

Bodenerosion durch Wasser ist die in Mitteleuropa am weitesten verbreitete Form des Bodenabtrags. Sie führt langfristig zur Beeinträchtigung der Bodenfunktion und dadurch zur Abnahme der Bodenfruchtbarkeit. Zudem kann es durch den Eintrag von Sedimenten und Nährstoffen zur stofflichen Belastung von Oberflächengewässern kommen (Duttmann et al., 2016). Schon ein Bodenverlust von  $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ist durch die geringe Bodenneubildungsrate unter europäischen Verhältnissen nicht auszugleichen und gilt als irreversibel (Van-Camp

et al., 2004). Als besonders anfällig gegenüber Bodenerosion durch Wasser gelten schluff- und feinsandreiche Lössböden, die für den Zuckerrübenanbau in West- und Mitteleuropa typisch sind (Jones et al., 2005). Der mittlere Bodenabtrag hügeliger Lössstandorte West- und Mitteleuropas liegt bei 2 bis 10 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Cerdan et al., 2010). In Deutschland befinden sich Zuckerrübenanbauregionen mit hoher Erosionsgefährdung durch Wasser beispielsweise im Weser-Leine-Bergland, im Sächsischen Bergland, in der Hallertau sowie in Franken und im Kraichgau (Abb. 3).



**Abb. 3:** Zuckerrübenanbauregionen in Deutschland, die eine hohe potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser aufweisen; nach BGR (2014) und WVZ (2016).



In den Jahren 2010-2013 waren laut *Stockfisch* (2015) rund 12 % der deutschen Zuckerrübenfelder im Rahmen von Cross-Compliance-Regelungen (DirektZahlVerpflV §2) in Erosionsgefährdungsklassen ( $CC_{\text{Wasser}}$ ) eingestuft (Tab. 1) und unterlagen deshalb Bewirtschaftungsauflagen.

**Tab. 1:** Anteil der befragten Betriebe, die Zuckerrüben auf Schlägen mit „Erosionsgefährdung durch Wasser“ nach DirektZahlVerpflV anbauen. Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau in Deutschland 2010-2013, n=1580 (*Stockfisch*, 2015).

Erosionsgefährdungsklasse	Anteil der befragten Betriebe
keine	88 %
$CC_{\text{Wasser}1}$	10 %
$CC_{\text{Wasser}2}$	2 %

Das tatsächliche Erosionsrisiko wird von der Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände oder -bewuchs bestimmt (*Schwertmann et al.*, 1990). Die Bedeckung schützt den Boden vor dem Aufprall von Regentropfen und reduziert die Mobilisierung von Bodenpartikeln. Insbesondere Reihenkulturen wie Mais oder Zuckerrüben können durch einen verhältnismäßig späten Reihenschluss und der damit verbundenen hohen Regenangriffsfläche ein erhebliches Erosionsrisiko aufweisen (*Duttmann et al.*, 2016). Zudem treten in Deutschland bis zum Reihenschluss der genannten Kulturen Niederschläge mit einer besonders hohen Erosivität auf (*Wurbs und Steininger*, 2011). Durch geeignete acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen lässt sich die Bodenbedeckung erhöhen und damit das Erosionsrisiko beim Anbau von Reihenkulturen deutlich reduzieren. So verbleiben bei nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren zu Zuckerrüben, besonders in Verbindung mit dem Anbau von Zwischenfrüchten, Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche. Dadurch können Oberflächenabfluss und Bodenabtrag im Vergleich zu wendenden Bodenbearbeitungsverfahren deutlich reduziert werden (*Kainz*, 1989).

Es ist nicht bekannt, welches Erosionsrisiko bei einer Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben im Vergleich zu praxisüblichen Bodenbearbeitungsverfahren vorliegt.



## Zielstellung und Inhalte der Arbeit

Die vielfältigen Aspekte und Fragestellungen im Zusammenhang mit der Herbst-Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben auf Lössboden wurden in drei Teilprojekte unterteilt und werden im Folgenden in Form von drei wissenschaftlichen Fachartikeln vorgestellt.

Der erste Artikel „Herbst-Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben in Deutschland“ ist in ‚Sugar Industry 141 (2016) 159-166‘ veröffentlicht. Gegenstand dieses Artikels sind Auswirkungen einer Streifenbearbeitung im Herbst auf Feldaufgang und Ertrag von Zuckerrüben in charakteristischen Rübenanbaugebieten Deutschlands. Als Referenz diente dabei das betriebsübliche Bodenbearbeitungsverfahren, welches sich unter den jeweiligen Standortverhältnissen als langjährig optimal erwiesen hatte. Dazu wurden in den Jahren 2012/13, 2013/14 und 2014/15 insgesamt 35 On-Farm-Versuche durchgeführt.

Im zweiten Artikel, „Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in Central Europe“, erfolgte eine detaillierte Wachstumsanalyse der Zuckerrübe im Vegetationsverlauf. Dazu wurden in den Jahren 2013/14 und 2014/15 drei Feldversuche im Raum Göttingen angelegt und ausführliche Untersuchungen zum Einfluss der Streifenbearbeitung auf Feldaufgang, Blattflächenindex, Stickstoffmineralisation und -aufnahme, Bodenstruktur, Faserwurzelwachstum sowie Ertrag und Qualität durchgeführt.

Der dritte Artikel „Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe“ ist in ‚Soil & Tillage Research 162 (2016) 1–7‘ veröffentlicht. Untersucht wurde der Einfluss einer Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben auf Bodenerosion durch Wasser. Dabei wurden im Frühjahr 2014 und 2015 auf vier erosionsgefährdeten Lössstandorten in Süddeutschland Feldversuche angelegt. In der Jugendentwicklung der Zuckerrübe wurde ein Starkregen simuliert, bei dem Bodenabtrag und Oberflächenabfluss sowie begleitende Bodenparameter quantifiziert und mit betriebsüblichen Bodenbearbeitungsverfahren verglichen wurden.

Den Artikeln folgt ein Epilog mit einer Bewertung des Bestellverfahrens ‚Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben auf Lössboden‘ hinsichtlich seiner Perspektiven in Deutschland.