

# **Ödland- und Ackerbodenentsteinung – eine Möglichkeit zur Steigerung der Agrarproduktion in den Subtropen**

**Destoning of arable and potential arable land - a possibility to increase agricultural production in the subtropics**

von Peter Wolff<sup>1</sup>

## **1 Einführung**

Das rasante Bevölkerungswachstum in vielen Ländern der Subtropen zwingt gegenwärtig in besonderem Maße zur Steigerung der Nahrungsmittelerzeugung und damit meist zu einer Erhöhung der Agrarproduktion dieser Länder insgesamt. Neben dem erhöhten Einsatz von Produktionsmitteln und verbesserten Produktionsverfahren ist die angestrebte Erhöhung der Agrarproduktion sehr oft nur in Verbindung mit Meliorationsmaßnahmen zu erzielen. Mit Hilfe von Be- und Entwässerungsmaßnahmen und der Melioration von Salz- und Alkaliböden konnten in vielen Fällen bereits deutliche Steigerungen der Agrarproduktion erzielt werden.

Ein weiteres Meliorationsproblem, das noch einer Lösung bedarf, ist die Versteinung von Acker- und Ödlandflächen.

Aufgrund der geologischen Verhältnisse, vor allem aber bedingt durch Erosionsvorgänge, sind die Oberböden in den Subtropen oft durch einen hohen Steingehalt gekennzeichnet. Die ackerbauliche Nutzung dieser stark steinhaltigen Böden ist durch die Erschwernisse bei der Bodenbearbeitung, den Pflege- und Erntearbeiten oft nicht oder nur unter sehr aufwendigen Bedingungen möglich. Ein hoher Steingehalt setzt neben höheren Kosten, einer Minderung des Flächenertrages u.a. der Mechanisierung der Ackerarbeiten und auch der Intensivierung der Grünlandnutzung Grenzen. Es ist daher verständlich, wenn u.a. die Entsteinung versteineter Flächen als eine unabdingbare Voraussetzung für die Intensivierung der Bodennutzung angesehen wird. In dem vorliegenden Beitrag sollen die Möglichkeiten und Grenzen der Melioration versteineter Flächen aufgezeigt werden.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Peter Wolff, Fachgebiet Kulturtechnik und Wasserwirtschaft am Fachbereich Internationale Agrarwirtschaft der Gesamthochschule Kassel in Witzenhausen, Steinstraße 19, D-3430 Witzenhausen

## 2 Einfluß des Steinanteils auf die Bodennutzung

Der Steinanteil des Bodens bedingt eine „Verdünnung“ des nutzbaren Bodens in der Volumeneinheit. Mit zunehmendem Steinanteil wird das Gesamtwurzelvolumen, die Wasserhaltekapazität, der Nährstoffgehalt, die Sorption, die Kohäsion und die Adhäsion erniedrigt. Die Wurzelentwicklung kann erschwert werden. Bei hohem Steinanteil an der Bodenoberfläche kommt es zu einer Erhöhung der Bodentemperatur. Da Steine in der Regel eine größere Wärmekapazität als der Feinboden haben, müßten sich Böden bei steigendem Steinanteil langsamer erwärmen. Da aber mit dem Steinanteil auch die Wärmeleitfähigkeit zunimmt, kommt es zu einer verstärkten Wärmeleitung in den Boden hinein und damit zu einer Erhöhung der Bodentemperatur. Andererseits begünstigt der Steinanteil die Bildung großer Hohlräume und damit die Luft- und Wasserdurchlässigkeit zumindest der Krume. Der Steinanteil bietet einen gewissen Schutz gegenüber Erosion und Bodenverdichtung. Im Untergrund kann bei tonigem Feinerdeanteil und dichter Lagerung der Steine eine schwer durchlässige Schicht entstehen bzw. vorliegen, so daß die Sickerbewegung des Wassers sowie eine tiefreichende Bodendurchwurzelung stark eingeschränkt ist. Nicht selten sind stark versteinete Böden flachgründig bei relativ oberflächennah anstehendem Muttergestein.

Man kann generell festhalten, daß der Steinanteil einen eher negativen als positiven Effekt auf die Fruchtbarkeit des jeweiligen Bodens ausübt. Allerdings haben MUNN, L.; N. HARRINGTON, und MCGIRR (1987) nach Auswertung zahlreicher Untersuchungsergebnisse verschiedener Forscher festgestellt, daß Steine auch pflanzenverfügbare Feuchtigkeit speichern, Nährstoffe sorbieren sowie als Steinmulch die Evaporation der Bodenoberfläche reduzieren können und damit durchaus einen Beitrag zur Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen leisten, wenn auch in einem wesentlich bescheideneren Umfang als ein entsprechendes Volumen Feinerde. Desweiteren kommen MUNN et al. (1987), wie schon WOLLNY im Jahre 1897, zu der Feststellung, daß die Produktivität eines Bodens in der Regel mit dem Steingehalt abnimmt, sofern nicht durch die Steine positive Effekte auf die Durchlüftung und die Wasserspeicherung ausgeübt werden. In Trockengebieten kann ein erhöhter Steingehalt zu einer besseren Verteilung und damit zu einer vermehrten Speicherung des Niederschlagswassers in tieferen Bodenschichten führen, und zwar aufgrund der besseren Permeabilität und der geringeren Speicherkapazität im Oberboden. Allerdings muß ein hinreichender Feinbodenanteil im Profil vorhanden sein, um das Wasser im durchwurzelbaren Bodenbereich zu speichern. Da das in tieferen Schichten des Wurzelraumes gespeicherte Wasser kaum der unproduktiven Bodenverdunstung unterliegt, steht in einem solchen Fall den Pflanzen in der Regel eine größere Feuchtigkeitsmenge für die Transpiration zur Verfügung.

Besonders nachteilig wirkt sich ein hoher Steinbesatz des Bodens auf den Einsatz von Bodenbearbeitungs-, Pflege- und Erntemaschinen aus. Die entsprechenden Probleme nehmen in der Regel mit dem Mechanisierungsgrad der Feldarbeit zu. Nach WITT et al. (1981) führt ein erhöhter Steinbesatz des Ackerbodens neben den direkten durch Steine verursachten Schäden sowie den damit verbundenen erhöhten Reparaturkosten zu einer Reihe weiterer Nachteile beim Einsatz von Maschinen und Geräten, wie z.B.

- geminderte Flächenleistung hochproduktiver Maschinen, z.B. bei Kartoffelvollerntemaschinen, Mähdreschern, Mähhäckslern;
- längere Stillstandszeiten durch häufigere Reparaturen;
- hoher Ersatzbeschaffungsbedarf für Verschleißteile und damit höhere Kosten;
- geringe Auslastung der hochleistungsfähigen Technik;
- Beschädigung der Kartoffeln durch Steine beim maschinellen Ernten und die damit verbundene geringe Lagerfähigkeit.



Abb. 1: Versteinte Weide- und Ackerflächen in der Provinz Hama, Syrien

Die Anwesenheit von Steinen im Ackerboden wird nicht generell als störend oder produktionsmindernd angesehen. Erst wenn die Steine eine bestimmte Größe und Menge überschreiten, sind entsprechende Einschränkungen in der Bodenbewirtschaftung zu erwarten. Für die Planung von Entsteinungsmaßnahmen ist es daher wichtig zu wissen, ab welchem Steingehalt und welcher Steingröße Meliorationsmaßnahmen notwendig sind. Die Festlegung genereller Grenzwerte ist hier aber nicht möglich, da die Größe der Steine sowie die Menge der Steine, von der an sie stören, von der Kulturart, der Bodenbearbeitungs- und Erntetechnik abhängt. WOLLNY (1897) hat nachgewiesen, daß ab einem Steingehalt von 10% eine deutliche Ertragsbeeinflussung bei den meisten Kulturpflanzen zu erwarten ist, wenngleich bei seinen Untersuchungen auch deutliche Unterschiede von Kulturart zu Kulturart und von Erntejahr zu Erntejahr aufgetreten sind.

Böden, die zu mehr als 75% des Gesamtbodens, d.h. vor allem des Oberbodens, aus Grand (Grus u. Kies), Steinen oder Blöcken bestehen, werden als Skelettböden bezeichnet. Je nach vorherrschender Skelettart spricht man von Kiesböden, Grusböden oder Steinböden. Skelettböden werden in der Regel landwirtschaftlich nicht genutzt und sind kaum durch Entsteinungsmaßnahmen zu meliorieren. Bei einem Skelettanteil von unter 75% werden die Böden nach FIEDLER (1964) hinsichtlich des Steingehaltes etc. wie folgt eingestuft (in Klammern die Einstufung der AG Bodenkunde, 1982):

- bei 50–75% Skelettanteil: sehr stark steinig, grusig oder kiesig;
- bei 25–50% (30–50%) Skelettanteil: stark steinig, grusig oder kiesig;
- bei 10–25% (10–30%) Skelettanteil: mäßig steinig, grusig oder kiesig;
- bei 5–10% (1–10%) Skelettanteil: schwach steinig, grusig oder kiesig;
- bei < 5% (< 1%) Skelettanteil: sehr schwach steinig, grusig oder kiesig.

Die Grenzwerte gelten allerdings nach FIEDLER (1964) für nicht zu große Steine.

Nach den FAO Richtlinien für die Landbewertung im Regenfeldbau (FAO, 1983) ist bei einem Steingehalt von 1% im Oberboden keine Behinderung der maschinellen Feldarbeiten zu erwarten. Bei 5% tritt eine geringe, bei 15% eine mäßige und ab 40% eine große Behinderung ein. Die Behinderung des Maschineneinsatzes wird nun aber nicht durch den Steingehalt allein sondern vor allem auch durch die Steingröße und den Anteil größerer Steine bestimmt. Der USDA Soil Survey Staff (1951) berücksichtigt bei der Klassifizierung des Versteinungsgrades eines Bodens daher auch nur Steine, die einen Durchmesser von über 25 cm haben. Nach der deutschen bodenkundlichen Nomenklatur handelt es sich hierbei um Blöcke, da man unter Steinen im engeren Sinne den Korngrößenbereich von 63–200 mm versteht. In dem vorliegenden Entwurf für die überarbeitete Fassung des USDA Soil Survey Manual wird gar unterschieden zwischen Steinen mit Durchmessern von 25, 60 und 120 cm (Tab. 1). In Deutschland werden allerdings schon wesentlich kleinere Steingrößen als störend empfunden (SCHUSTER, 1982). Im Getreidebau z.B. werden Steine ab einer Kantenlänge von 10 cm als störend empfunden und abgesammelt. Im Kartoffelbau werden demgegenüber höhere Ansprüche gestellt. Hier stören schon Steine von 2–3 cm Größe, da diese von den Siebketten der Roder nicht mehr abgetrennt werden können.

Nach dem USDA Soil Survey Manual von 1951 wird die ordnungsgemäße Bodenbewirtschaftung beim Anbau von Hackfrüchten deutlich erschwert bzw. unmöglich, wenn die Bodenoberfläche zu mehr als 0,1–0,3% mit Steinen eines Durchmessers von über 30 cm bedeckt ist und die Steine etwa 1,5–10 m voneinander entfernt liegen. Wenn man davon ausgeht, daß der Bedeckungsgrad in einem bestimmten Verhältnis zum Steinbesatz des Oberbodens steht, kann man annehmen, daß obiger Bedeckungsgrad etwa einem Steinbesatz von 3–95 m<sup>3</sup>/ha in den obersten 30 cm des Bodens entspricht.

Tab. 1: Einstufung der Bodenversteinung nach dem neuesten Klassifizierungsvorschlag des USDA Soil Survey Staff

Versteinerungsstufe	Bedeckungsgrad der Bodenoberfläche in %	Abstand zwischen den Steinen und Blöcken in m bei Durchmessern von		
		25 cm	60 cm	120 cm
1	< 0,01	> 25,00	> 60,00	> 120,00
2	0,01 – 0,10	8,00 – 25,00	20,00 – 60,00	37,00 – 120,00
3	0,10 – 3,00	1,00 – 8,00	3,00 – 20,00	6,00 – 37,00
4	3,00 – 15,00	0,50 – 1,00	1,00 – 3,00	2,00 – 6,00
5	15,00 – 50,00	0,10 – 0,50	0,20 – 1,00	0,50 – 2,00
6	> 50,00	< 0,10	< 0,20	< 0,50

Quelle: Soil Survey Staff, 1981: Soil survey manual. Chapter 4. Working Draft (430-V-SSM). Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington D.C.

Der Maschineneinsatz wird mit wenigen Ausnahmen nicht mehr für möglich gehalten, wenn der Bedeckungsgrad 3–15% übersteigt. In einem solchen Fall wären dann auf jeden Fall meliorative Maßnahmen notwendig, um solche Flächen ackerfähig zu machen bzw. eine intensive Gründlandnutzung zu ermöglichen. Dabei ist allerdings zu beachten, daß nach Durchführung der Entsteinungsmaßnahmen eine hinreichende Gründigkeit des entsteineten Bodens gegeben sein muß. Damit scheiden für die Bodenentsteinung alle Flächen aus, bei denen das Muttergestein relativ oberflächennah ansteht und/oder nach der Entsteinung Ackerböden mit einer flachen physiologischen Gründigkeit entstehen. Die Einstufung der physiologischen Gründigkeit eines Bodens ist Tab. 2 zu entnehmen. Nach dem USDA Soil Survey Manual von 1951 werden in der Klassifikation alluvialer Böden arider und semiarider Gebiete nachfolgende Grenzwerte für die Einstufung der Gründigkeit angewandt: < 50 cm flachgründig; 50–90 cm mäßig tiefgründig und > 90 cm tiefgründig.

Tab. 2: Einstufung der physiologischen Gründigkeit, Durchwurzelbarkeit eines Bodens (Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1982)

Tiefe in cm*		Bezeichnung
< 20	< 15	sehr sehr flach
20 – 40	15 – 30	flach
40 – 80	30 – 60	mittel
80 – 100	60 – 100	tief
> 130	> 100	sehr tief

\* Es werden hier die beiden in Deutschland eingeführten Abstufungen angegeben.

Da insbesondere bei den maschinellen Entsteinungsverfahren mit den Steinen ein mehr oder weniger großer Anteil an Feinerde von den Flächen abgetragen wird, nimmt die Gründigkeit eines Bodens nicht nur durch das Entfernen der Steine sondern auch durch den Erdanteil des

Sammelgutes ab. Nach SCHUSTER (1982) kann dieser Erdanteil im ungünstigsten Fall bis zu 80 Gew.% des Sammel- bzw. Rodegutes betragen.

### 3 Entsteinungsverfahren

Bei der Entsteinung wird meist unterschieden zwischen dem sogenannten Findlingsroden (auch Grobentsteinung genannt) und der Krumentsteinung. Im ersten Fall handelt es sich um ein Entsteinungsverfahren, bei dem Steine oder Blöcke von über 30 cm Durchmesser aus den oberen 50–60 cm des Bodens entfernt werden sollen. Bei der Krumentsteinung wird angestrebt, alle Steine mit einem Durchmesser von 2–30 cm aus dem Bearbeitungshorizont zu entfernen. Je nachdem, welche Steingrößen vorliegen und welcher Entsteinungsgrad im Einzelfall angestrebt wird, kommt nur eines der Verfahren oder beide gemeinsam bzw. hintereinander bei der Entsteinung einer Fläche zum Einsatz. Anstelle der totalen Krumentsteinung ist es möglich, durch eine in mehreren Jahren vorgenommene Oberflächenentsteinung eine spürbare Minderung des Steinbesatzes in der Krume zu erreichen. Oder aber es erfolgt mittels spezieller Maschinen, sogenannter Steinschläger oder –brecher, eine Zerkleinerung an Ort und Stelle mit dem Ziel, Steingrößen zu erhalten, die weder die Bearbeitung des Feldes noch die Verarbeitung des Erntegutes stören. Der Vorteil des letztgenannten Verfahrens ist in der Tatsache zu sehen, daß das Bodenvolumen und damit auch die Gründigkeit nicht verringert wird.

Neben der Krumentsteinung wird z.B. im Kartoffelbau auch eine Schichtensteinung praktiziert. Hierbei erfolgt eine Aussiebung der Feldsteine aus der oberen Bodenschicht von etwa 10–15 cm Tiefe jeweils vor der Bestellung. Allerdings muß dieses Verfahren zunächst vor jedem Kartoffelanbau wiederholt werden.

Nach WITT (1981) bilden folgende Teilprozesse die Verfahrenskette der meliorativen Ackerboden- und Ödlandentsteinung:

*Roden:* Erfolgt, wenn Steingrößen über 30 cm Durchmesser im Bearbeitungshorizont ausgewiesen sind. Die Arbeitstiefe beträgt mindestens 50 cm. Bei dem Arbeitsvorgang werden die gerodeten Steine auf der Bodenoberfläche abgelegt. Um eine vollständige Rodung zu sichern, muß eine exakte Fahrweise des Rodungsgerätes den Anschluß bzw. die Überlappung der bearbeiteten Streifen sichern.

*Knäppern:* Sowohl gerodete als auch an Wegrändern oder Grundstücksgrenzen deponierte Steine in Größen über 60 cm und im Boden verbliebene Steine im Durchmesser über 100 cm sind vor ihrer weiteren Verlagerung in transport- oder aufbereitungsfähige Größen zu zerlegen. Dieses sogenannte „Knäppern“ kann manuell durch Sprengen, mit Hilfe von Preßluft-hämmern oder durch thermische Verfahren geschehen. Die Auswahl der Verfahrensweise hängt von den gegebenen technischen Möglichkeiten, sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ab.

*Räumen:* Die beim Rodungsvorgang oder beim Knäppern auf der Bodenoberfläche abgelagerten Steine in den Größen 12–60 cm Durchmesser werden hierbei aufgesammelt und ab-

transportiert. Auch Steingrößen über 60 cm werden bei diesem Teilprozeß teilweise mit erfaßt.

*Krumenentsteinung:* Hierbei wird versucht, alle Steine, die als störend empfunden werden, aus dem Bearbeitungshorizont von etwa 35–40 cm zu entfernen. Es handelt sich hierbei meist um Steingrößen von 2–30 cm Durchmesser. Die Arbeiten werden maschinell mit sogenannten Krumenentsteinungsmaschinen durchgeführt. Bei Einsatz dieser Maschinen müssen sich die Böden in einem siebfähigen Zustand befinden. Dies bedeutet, daß die Arbeiten nicht ganzjährig durchgeführt werden können. Begrenzungen gibt es durch Frostperioden, hohe Bodenfeuchtigkeit und fruchtfolgebedingte Stillstandzeiten.

Wie bereits oben berichtet, kann die Krumenentsteinung auch durch eine mechanische Zerkleinerung des Bodenskeletts an Ort und Stelle mittels Steinbrechern erfolgen.

*Deponieren:* Das geordnete Deponieren der Steine ist notwendig, damit keine neuen Flurhindernisse entstehen. Nur zu oft werden die bei Entsteinungsmaßnahmen anfallenden großen Steinmassen unterschätzt. Nach WITT (1981) sind die Lagerplätze so anzulegen, daß diese einen geringen Flächenbedarf haben und gegebenenfalls die Aufstellung einer Steinaufbereitungsanlage ermöglichen. Dies läßt sich erreichen, indem man die Steinhalden mit Planierraupen aufschiebt und die Steinmassen mit Ladegeräten umsetzt. Die Transportentfernung ist hierbei eine wichtige Kostenkomponente. Der Forderung von WITT (1981), daß auf keinen Fall Steinhalden und Steinwälle an Grenzrainen, Flurschutzanlagen und Waldstücken entstehen sollten, kann in ihrer Absolutheit nicht zugestimmt werden. Steinwälle an Grenzrainen z.B. können durchaus wichtige ökologische Funktionen in einer Agrarlandschaft übernehmen, indem sie durch Verkürzung der Hanglänge dem Erosionsschutz dienen und Lebensraum für Tiere und Pflanzen bilden. Eine Verkippung in Tiefe Hohlformen sollte nur dann erfolgen, wenn hierdurch keine landschaftsökologischen und sonstigen Nachteile zu erwarten sind.

*Steinaufbereitung:* Die Steinaufbereitung schließt die Verfahrenskette der Ackerboden- bzw. Ödlandentsteinung. Sie kommt allerdings nur dort zur Anwendung, wo ein Bedarf an Schotter besteht und wo das Steinmaterial z.B. für den ländlichen Straßenbau geeignet ist. Die Aufbereitung des Steinmaterials erfolgt mit einer Steinbrecheranlage, in Regionen mit niedrigem Lohnniveau auch noch rein manuell.

Vor allem nach Durchführung der Grobentsteinung kann das Mikrorelief der entsteineten Ackerfläche große Unebenheiten aufweisen. Hierdurch wird die Bearbeitung der Fläche in der Regel behindert, oder es treten Vernässungsnester auf, weil in den Mulden etc. Niederschlagswasser zusammenläuft. Um diese Nachteile zu vermeiden, ist es gegebenenfalls notwendig, nach der Grobentsteinung ein Einebnen des Bodens vorzunehmen.



Abb. 2: Entsteinte Ödlandflächen in der Südregion Syriens mit Steindeponien am Feldrand



Abb. 3: Trockenmauer aus gerodeten Steinen zur Einfriedung von Weideflächen in der Provinz Aleppo/Syrien

#### 4 Maschinen und Geräte zur Bodenentsteinung

Da bei der meliorativen Bodenentsteinung beachtliche Stein- und Erdmengen zu bewegen sind und die manuelle Ausführung dieser Arbeiten mit erheblichen körperlichen Anstrengungen verbunden ist, wird die meliorative Bodenentsteinung heute überwiegend maschinell ausgeführt. Für diesen Zweck wurde in den letzten Jahrzehnten eine Reihe von Spezialmaschinen entwickelt. Diese Maschinen und Geräte für die Bodenentsteinung sind, auch bedingt durch die unterschiedlichen Aufgabenstellungen und Einsatzverhältnisse in verschiedenen Formen entwickelt worden. Wobei festzustellen ist, daß es keine Maschine gibt und geben kann, die alles kann, d.h. die Funktion Roden, Lockern des Erdbalkens, Aufnehmen, Trennen und Verarbeiten aller Steingrößen erfüllen kann. Nach dem Arbeitsverfahren kann man die Maschinen gruppieren in: a) Steinrode- und räummaschinen; b) Steinschwadmaschinen; c) Steinsammelmaschinen; d) Steinzerkleinerungsmaschinen.

Die *Steinrode- und -räummaschinen* werden nach ROSSDEUTSCHER (1967) gewöhnlich als Anbauvorrichtung für Ketten- oder Radschlepper in Form von Steinzangen, Rodehaken, Stoßzähnen und Rodegabeln ausgeführt. Desweiteren zählen zu dieser Gruppe Hubräumer und verschiedene Mechanisierungsmittel zur Schleifräumung wie Schleppen, Schlitten, Kettennetze und ähnliche.

*Steinschwadmaschinen* sollen die Steine aus dem Bearbeitungshorizont an die Bodenoberfläche transportieren und auf dieser im Schwad ablegen. Sie sind als Schwadreden mit starren Zinken oder mit rotierenden Zinkenwalzen in geraden oder schraubenförmig gebogenen Formen bekannt. Ihre Arbeitsbreite beträgt teilweise 3 m und mehr.

*Steinsammler* werden zur Krumenentsteinung und zur Oberflächenentsteinung bis Arbeitsbreiten von 1–2 m eingesetzt. Oft werden Schwader und Steinsammler in Kombination eingesetzt, wobei der Steinsammler die Funktion eines Ladegerätes hat. Die Steinsammelmaschinen werden nach ROSSDEUTSCHER (1967) aufgrund ihrer Arbeitsweise in stetig arbeitende Maschinen mit folgenden Steintrennelementen eingeteilt: Rotorkämmen, Siebketten, Siebtrommeln, Rollsieben, Vibrationssieben und in unstetig arbeitende Maschinen, die mit Zinkengabeln die Steine vom Boden aussondern und aufnehmen.

Die *Steinzerkleinerungsmaschinen* werden zur Krumenentsteinung bei Steingrößen bis maximal 25 cm eingesetzt, sie arbeiten nach zwei unterschiedlichen Verfahren. Das erste ist die Zerkleinerung der Steine ohne Aufnahme vom Boden und hat demzufolge so gut wie keine Tiefenwirkung. Die entsprechenden Maschinen bezeichnet man als Steinschläger und unterscheidet Gegenlauf- und Gleichlauf-Steinschläger. Die Maschinen für das zweite Verfahren gleichen im Grunde – da sie die Steine aufnehmen, nachdem sie aus dem Boden gerodet oder herausgekämmt wurden – den Steinsammlern. Bunker, Ladeband oder Ablegeband werden durch ein Brechwerk ersetzt, das den Grus wieder auf den Acker zurückfallen läßt (SCHUSTER, 1983). Nach MAYER (1980) ist der sogenannte Hammerbrecher für die Arbeit dieser Maschine besonders geeignet.

Auf eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen Bodenentsteinungsmaschinen und -verfahren muß hier aus Platzgründen verzichtet werden. Es wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (siehe u.a. SCHUSTER, 1982).

## 5 Kosten der meliorativen Entsteinung

Entsprechend dem Steinbesatz, den Steingrößen und den sonstigen Standortbedingungen variieren die einsetzbaren Entsteinungsverfahren und die Kosten für die meliorative Entsteinung sehr stark. In der Regel haben der Steinbesatz und die sich daraus ergebende Fortschrittsgeschwindigkeit der Entsteinungsmaschinen, die Transportentfernung und der Transportraum den größten Einfluß auf die Kosten. WITT (1981) nennt für die DDR einen Hektarpreis für die Entsteinung von 3500,- Mark bei einem durchschnittlichen Steinbesatz von 500 t/ha. SCHUSTER (1982) hat für die Entsteinung von Ackerflächen in der Bundesrepublik, wobei es sich wohl ausschließlich um eine Krumentsteinung handelte, Verfahrenskosten von 186–684 DM/ha für die einmalige Entsteinung ermittelt. Da oft ein zweimaliges Entsteinen erfolgt, ergeben sich insgesamt Kosten von 280,- bis 1120,- DM/ha.

In der Südregion Syriens, wo in den Provinzen Dera und Suweida in den letzten Jahren großflächig eine Grobentsteinung von Ödlandflächen vorgenommen wurde, rechnet man seitens der staatlichen Meliorationsunternehmen mit Verfahrenskosten von 2100–2500 SL/ha.<sup>2</sup> Hier werden die Steine mittels Rodehaken gerodet, mit Steinrechen (Rockrakes) aus dem Boden herausgekämmt und an die Feldränder geschoben. Dabei werden nur Steingrößen über 30 cm entfernt, die Entfernung der kleineren Steingrößen wird den Landwirten überlassen. Zur Durchführung der Entsteinungsarbeiten waren dort im Mittel 5–7 Bulldozerstunden pro ha erforderlich. Nach dort durchgeführten Arbeitszeitstudien muß bei der Grobentsteinung mit einem Zeitaufwand von mindestens 4 Bulldozerstunden pro ha bei einem Versteinungsgrad von 10–20%, von 6 Stunden bei 20–30% und von 14 Stunden bei über 30% Versteinungsgrad ausgegangen werden. Werden die Entsteinungsmaßnahmen in Syrien von privaten Unternehmen durchgeführt, berechnen diese etwa 2 bis 3fach höhere Kosten, d.h. maximal bis zu 7500 SL/ha.

Den relativ hohen Verfahrenskosten steht sofort nach der Entsteinung ein spürbarer Nutzen gegenüber: Ödlandflächen werden zu produktiven Ackerflächen, bei den zuvor versteinerten Ackerflächen fallen Steinschäden an Maschinen weg, Acker- und Pflegearbeiten können sorgfältiger und ohne zusätzliche Erschwernisse ausgeführt werden, hochleistungsfähige Maschinen können optimal ausgelastet werden, gegebenenfalls kommt es zu deutlichen Ertragssteigerungen und/oder Qualitätsverbesserungen des Erntegutes. Ohne weiteren Aufwand bleibt die Wirkung der Entsteinung auf Jahrzehnte hinaus voll erhalten, wenn nicht durch Tiefenlockerung, Tiefpflügen und Dränung erneut Steine in den Bearbeitungshorizont gelangen (WITT, 1981).

---

<sup>2</sup> im Jahr 1988/89 entsprach 1 DM = ca. 6 SL

Die Verarbeitung des anfallenden Steinmaterials und dessen Verkauf z.B. als Straßenbaumaterial kann zu einer Kostensenkung beitragen. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß dies meist nur in speziellen Fällen möglich ist. In der Regel ist das Steinmaterial in größerem Umfang nicht absetzbar.

## **6 Zusammenfassung**

Der Zwang zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion in den sogenannten Entwicklungsländern macht u.a. die Erschließung von Ödlandflächen notwendig. Vor allem in den Subtropen handelt es sich bei den potentiell erschließbaren Ödländereien um stark versteinte Flächen, die teilweise durch Entsteinungsmaßnahmen in fruchtbare Ackerflächen überführt werden können.

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß des Bodenskeletts bzw. des Steinanteils auf die Bodennutzung beschrieben, die Entsteinungsverfahren sowie die Teilprozesse der meliorativen Acker- und Ödlandentsteinung dargestellt. Abschließend erfolgen nach einer kurzen Funktionsbeschreibung der Maschinen und Geräte zur Bodenentsteinung Angaben über die Kosten dieser Meliorationsmaßnahme.

## **Summary**

Surface and near surface boulders and stones may create a serious hazard to the use of modern equipment. Stoniness may reach a degree which makes the use of all machinery and even hand tools impracticable, although the soil itself may be of good quality. Under such conditions amelioration measures to remove these hazards may be worthwhile. Especially in developing countries, with a dramatically increasing population, destoning of waste land or stony arable land and converting it into fertile land may help to increase food production.

This paper deals with the effect of rock fragments on soil properties and the possibilities to reclaim stony waste land. It describes in brief the different destoning methods and the machines which can be used for destoning. Finally some remarks in respect to the costs of destoning measures are made.

## **Literaturverzeichnis**

1. Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
2. FAO – Land and Water Development Division, 1983: Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin 52. Selbstverlag FAO, Rom
3. FIEDLER, H. J. und H. REISSIG, 1964: Lehrbuch der Bodenkunde. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
4. MAYER, V., 1980: Erfahrungen bei der Ackerbodenentsteinung durch Steinbrechen. Landtechnik **35** (2), 62–63

5. MUNN, L.; N. HARRINGTON and D. R. MCGIRR, 1987: Rock fragments. In: WILLIAMS, R. D. and E. SCHUMANN, 1987: Reclaiming mine soils and overburden in the Western United States. Soil Conservation Society of America, Ankeny (Iowa)
6. ROSSDEUTSCHER, H., 1967: Probleme der Bodenentsteinung und Stand der Entwicklung von Spezialmaschinen. *Feldwirtschaft* **8** (5), 248–252
7. SCHUSTER, J., 1982: Entsteinung von Ackerflächen. *KTBL – Schrift* 278. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup (Westf.)
8. Soil Survey Staff, 1951: Soil Survey Manual. US Department of Agriculture Handbook **18**. Selbstverlag, US Government Printing Office, Washington 25, DC
9. WITT, F. K., 1981: Arbeitsverfahren im Meliorationsbau. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
10. WOLLNY, E., 1897: zit. in MITSCHERLICH (1954)