Universität Hohenheim
Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Prüfer: Prof. Dr. Karl Stahr

„Charakterisierung von bodenchemischen und –physikalischen Eigenschaften als Basis für eine nachhaltige Landnutzung in Zimbabwe“

Eine überarbeitete Fassung
der Master-Thesis
im Studiengang Agrarwissenschaften
(Modul M6116WG „Bodengenetik,-systematik und –verbreitung“)

vorgelegt von:
Annika Badorreck
(Cottbus, Dezember 2005)

Diese Arbeit wurde gefördert
aus Mitteln der Eiselen Stiftung, Ulm

„Charakterisierung von bodenchemischen und –physikalischen Eigenschaften als Basis für eine nachhaltige Landwirtschaft in Zimbabwe"

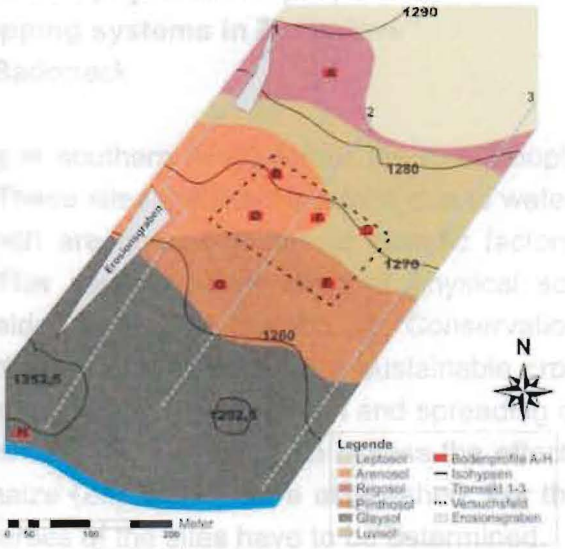
Annika Badorreck

Die ständig steigende Zahl von Menschen im südlichen Afrika bedarf einer zunehmenden Nutzbarmachung von Flächen für die Landwirtschaft, um sie ausreichend mit Nahrungsmitteln zu versorgen. Die v.a. kleinbäuerliche Landbevölkerung ist gezwungen auch auf ungeeigneten Standorten (z.B. in stark hängigem Gelände) Landwirtschaft zu betreiben. Aber gerade die im südlichen Afrika vorherrschende Kultur Mais (*Zea mays*) kann den Boden nicht vor Starkregen schützen, und die Folgen sind Bodenerosion, Verschlämmung der Oberfläche und Verdichtung des Unterbodens, was negative Auswirkungen auf die Kulturpflanzen hat. Conservation Agriculture (CA), wie sie von einem Projekt des CIMMYT vorgeschlagen wird, kann hier einen wichtigen Beitrag zur Nahrungssicherung leisten. CA soll den Boden durch Mulch und Verzicht auf Pflugtätigkeit die Bodenfruchtbarkeit erhalten, so dass die Grundlage für sichere Erträge nachhaltig gegeben ist. Dazu wurden Versuchsflächen angelegt, um verschiedene Anbaumethoden von Mais zu erproben. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Flächen waren jedoch bei Beginn der Versuche noch weitgehend unbekannt.

Mit der vorliegenden Master-Thesis sollte dies für einen Versuchsstandort nahe Harares bereitgestellt werden. Im Vordergrund stand die bodenkundliche Untersuchung einer an einem Hang gelegenen 1 ha großen Fläche, und deren Bewertung als Standort für den Anbau von Mais. Das Areal wurde im Rasterverfahren (10x10m) kartiert, um die Bodentypen nach der World Reference Base for Soils zu bestimmen. Für die Beurteilung des Standorts wurden an 8 Leitprofilen horizontweise die physikalischen Eigenschaften für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen erfasst (gesättigte Wasserleitfähigkeit, Wasserspeicherkapazität, Lagerungsdichte und Textur). Des Weiteren wurden an den selben Horizonten chemische Parameter untersucht, (N_{total}, P_{Olsen}, K_{Olson}, Na, Ca, Mg, C_{total}, CEC, Basensättigung and $pH_{Wasser,KCl}$). Sie wurden als Punktdaten (Leitprofile und Bohrstockproben) erhoben, so dass sie für die Bewertung der Fläche mit Hilfe von GIS-Software räumlich interpoliert werden mussten. Deshalb wurde die Hangneigung des Versuchsfeldes im Raster von 5x5m mit einer Schlauchwaage, und in der Umgebung Mittels 94 GPS-Messungen, bestimmt. So sollten mögliche Zusammenhänge zwischen den chemischen Daten und der Topographie für die Interpolation genutzt werden. Daneben ist das Verständnis der Transportprozesse von Wasser und Nährstoffen in und aus der Versuchsfläche von großer Bedeutung, da sich daraus die Randbedingungen ableiten. Dazu wurden auf größerer Skalenebene die Bodentypen anhand von Leitprofilen und einer Bohrstockkartierung in drei Transekten, der Topographie folgend, bestimmt. Dieser qualitative Ansatz basiert auf der Annahme, dass sich Transportprozesse in der Bodenentwicklung wiederspiegeln, und so auch beschreiben lassen.

Die ermittelten Daten sollen zu einen dem CIMMYT-Projekt als Bewertungsgrundlage der untersuchten Landnutzungssysteme dienen. Zum anderen soll hier jedoch auch ein Beitrag zum pedogenetischen Prozessverständnis einer Landschaft in Zimbabwe geleistet werden.

Das Ergebnis der Klassifizierung der Bodentypen aus Raster- und Transektkartieung ist in nebenstehender Abbildung zusammengefasst. Danach sind am Oberhang v.a. flachgründige Leptsols auf granitischem Ausgangsmaterial zufinden. Mit abnehmendem Gefälle werden die Böden mächtiger, und der Differenzierungsgrad nimmt zu. Dies macht sich in Höhe des Versuchareals bemerkbar, indem dort Luvisols und endoplinthic Arenosols vorkommen. Der tonreiche *argic horizon* bzw. Fe-Si-haltige *plinthic horizon* kommen zusammen im oberen Bereich des Feldes (Profile B,C,F) simultan zunächst in ca. 100 cm vor. Etwa 40 m weiter hangabwärts sind sie jedoch schon in 25-50 cm, wo sich ihre wasserstauenden Eigenschaften in partiell auftretenden Wachstumsdepressionen der Maispflanzen bemerkbar machten. Dort wurden während der Saison 2004/05 auch Stauwasserstände bis 25 cm unter GOF gefunden. Die hydromorphen Merkmale enden abrupt an der Konturlinie, die das Versuchsfeld südwestlich begrenzt. Danach sind nun Plinthosols mit zunächst Fe-Si-Konkretionen, hangabwärts dann mit durchgehender Kruste, in ca. 30-40 cm vorherrschend. Abgelöst werden diese durch tonreiche Gleysols in der Flussniederung. In Bezug auf die Versuchsfläche macht sich der Einfluss der Umgebung, v.a. durch die laterale Zufuhr von Wasser erheblich bemerkbar, da es sich innerhalb des Areals aufstaut.



In den Ergebnissen der bodenphysikalischen Messungen zeigt sich deutlich die vorwiegend sandige Textur. Dort wo der Stauwasserstand nicht in Erscheinung tritt, ist die Luftkapazität bezogen auf die Durchwurzelungstiefe mit 135-175 [l m^{-2}] ausreichend, die nFK mit 70-115 [l m^{-2}] jedoch relativ gering. Zusammen mit der hohen ges. Wasserleitfähigkeit von 5-8 [m d^{-1}], ist der Mais trockenheitsgefährdet. Die chemischen Analysen werden ebenfalls durch die sandige Natur der Böden bestimmt. Die KAK ist mit 1.2 bis 7.5 [$cmol_c$ kg^{-1}] gering, der pH-$Wert_{(KCl)}$ mit 3.8 bis 5.1 sauer bis mittel, und die Basesättigung mit 15 - 70% gering bis mittel. Der niedrige C_{org}-Gehalt [0-1.3%] war stark mit dem N_{total}-Gehalt [0-0.6 g kg^{-1}] korreliert [r^2=0.97]. Die niedrigen Gehalte an P_{Olsen} und K_{Olson} [0-7.3 bzw. 5-81 mg kg^{-1}] machen das Wachstum der Pflanzen stark von Düngemaßnahmen abhängig.

Abschließend ist zu sagen, das sich die Versuchsfläche in einem Areal befindet, dass die stärkste Heterogenität in Bezug auf die Verteilung der Bodentypen als auch der hydromorphen Eigenschaften aufweist, sich jedoch bei den physikalischen und chemischen Bodenuntersuchungen im Labor nicht bemerkbar machte. Als ein Ergebnis kann die Empfehlung gegeben werden, einen Versuchsblock der Anlage von der süd-östlichen Ecke nach Westen zu verlegen, wo die Fläche homogener und der Stauwasserstand weniger Einfluss auf die Pflanzen haben wird. Zudem haben die Untersuchungen gezeigt, dass das die Böden des Versuchsgeländes durch die sandige Textur von Nährstoffarmut und eher geringer Wasserspeicherkapazität geprägt sind.

"Characterisation of chemical and physical soil properties as basis for sustainable cropping systems in Zimbabwe"

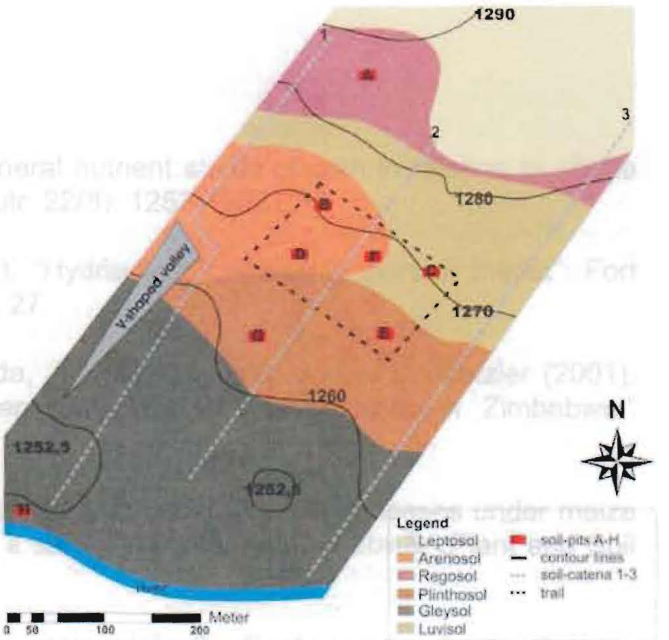
Annika Badorreck

The steadily increasing population density in southern Africa forces the rural people to use unsuitable sites e.g. steep slopes. These sites are likely to erode due to water, soil crusting and subsoil compaction which are consequences of climatic factors, intense tillage and sparse soil cover. This severe deterioration of physical soil properties leads to decreasing crop yields. Here, the method of "Conservation Agriculture" (CA) will help sustain soil fertility in order to secure a sustainable crop production by means of reduced tillage and mulching. The adoption and spreading of these techniques are the goals of a present CIMMYT-Project. To assess the effects of different CA methods, trail plots with maize (*Zea mays*) were established. For the evaluation of these methods, the soil properties of the sites have to be determined.

The aim of the master-thesis was to measure soil data of a trial site (200x50 m) placed on a hillslope at Henderson Station, Mazowe (Zimbabwe). For the physical characterisation samples were taken from 8 soil pits covering the dominant soil types of the hillslope. From individual horizons soil samples were collected to analyse the bulk density, texture, water characteristic function and saturated hydraulic conductivity, in order to identify the water availability for the plants. The chemical analysis (N_{total}, P_{Olsen}, K_{Olson}, Na, Ca, Mg, C_{total},CEC, base saturation and $pH_{water,KCl}$) were carried out on the same horizons. For C_{org} and N_{total} additional 26 samples from 12 points of the site were included in the analysis. Based on this, it should be possible to characterise the water and nutrient availability for the cultivated plants. Furthermore it was necessary to describe and survey the soil types according to the World Reference Soil Base to get a better understanding of the heterogeneity. This was achieved by a grid-survey (10x10m) of the complete experimental site. The data were compiled with GIS to reveal the spatial variability, possible interdependence between soil properties and to provide a comprehensive overview. The measurement of the slope gradient in a grid (5x5m) by water-leveling within the site and by a GPS (94 randomised points) on the hillslope scale served, as a tool for the interpolation of the soil distribution. But the focus on the trail site alone seemed to be a too narrow perspective. As lateral water flow and solute transport processes into and out of the area are likely take place, this boundary conditions need to be included. Consequently another aspect of this thesis was the description of the landscape at hillslope scale from the pedogenetical point of view, realised by a soil-survey in 3 transects from the hilltop to a river nearby. This qualitative approach is based on the assumption, that soil features (e.g. ironcrusts, gleyic features) are signs of transport processes in the vertical and lateral direction.

Both, the grid-survey and the description result in a map of soil types (next page). As shown in the figure on the next page, shallow Leptosols occur in the upper part of the slope. With a decreasing slope gradient the soils become deeper and the soil development shows advanced stages, as for example the Luvisols with a

clayenriched argic horizon and the endoplinthic Arenosols with ironconcretions in 100 cm depth. A characteristic feature for both soils is the increasing degree of stagnic properties with decreasing elevation. In the lower part of the trail site stagnic properties and a perching water table were found in reasonably 25 cm depth. In this depth the stagnic water induces oxygen deficiency for the maize plants as observed in the growing season 2004/05. The hydromorphic features abruptly end at the contour line, which marks the lower boundary of the trail and the Plinthosols, with iron-silicon-concretions, and at lower parts continuous hardpan in 30-40 cm depth. Near the river the clayey Gleysols are influenced by a high groundwater table. In conclusion, the regional process which has major impact on the growth of the maize, is the lateral flux of water. It dams up in the lower part of the trail.



The characterisation of the soil physical properties within the experimental area were dominated by the sandy texture. Hence, where the perched water table stays in deeper soil-regions the air-capacity with calculated 135-175 [l m^{-2}] for the root zone shows sufficient values. Contrary to this the plant-available water (60-15000 hPa) with between 70-115 [l m^{-2}] reached rather low values. In addition the water rapidly passes the soil due to high saturated hydraulic conductivity between 5-8 [m d^{-1}]. These results show, that the maize at this site will probably be affected by drought. The bulk densities show averages of 1.30 [g cm^{-3}] for the top-soils and increase with the depth to 1.45. The chemical properties also reflect the sandy nature of these soils in terms of a low CEC [1.2 to 7.5 $cmol_c$ kg^{-1}], medium to low $pH_{(KCl)}$ -Values [3.8 to 5.1] and a medium base saturation between 15 - 70%. The C_{org}-contents with values of 0-1.3% lead to a correlation coefficient of r^2=0.97 and also to low N_{total}-contents [0-0.6 g kg^{-1}]. The contents of available P_{Olsen} and K_{Olson} [0-7.3 and 5-81 mg kg^{-1} respectively] range in magnitudes, where the plants relay on fertilisation.

In conclusion, the experimental site is located in an area of the slope, which shows the highest heterogeneity with regard to soil-type and perched water table. Although this is not reflected in the measured soil properties, particular the perched water leads to considerably heterogeneous growth within the lower two blocks of the trail. As a result of this work, it is recommended to relocate one block from the south-east corner to the west at Pit D, where the influence of the high water table is lower. The measurements also revealed a rather poor site mainly regarding the available nutrients but also the water holding capacity.