



SAHEL-PROJEKT

Silikattechnologie zur Verbesserung der Wasseraufnahme
und Nährstoffspeicherfähigkeit in Grenzertragsböden

Katharina Zwiauer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

10/2006

Titelbild Amadou Sow, Jean-Paul Uwiduhaye und Amadou Gueye Ba (v.l.n.r.) im Versuchsgarten in Ourourbe (Zwiauwer)

Bestellhinweise

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at> oder bei: *Projektfabrik Waldhör, Währingerstraße 121/3, 1180 Wien.*

Detaillierte Daten zur statistischen Auswertung sind in einem Materialienband zusammengefasst und können per Email Katharina.Zwiauwer@aon.at angefordert werden.

Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

SAHEL-PROJEKT

Silikattechnologie zur Verbesserung der Wasseraufnahme und
Nährstoffspeicherfähigkeit in Grenzertragsböden

Katharina Zwiauer

mit Beiträgen von
Hugo Hubacek, Martina Gajdos, Harald Riedmann

Wien, Juni 2006

Im Auftrag der Bundesministerien für Verkehr, Innovation und Technologie
sowie für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Vorbemerkung

Kann mit Hilfe eines silikatischen Substrates die Wasserrückhaltefähigkeit des Bodens derart verbessert werden, dass damit Pflanzenanbau in Grenzertragsböden ermöglicht bzw. erheblich verbessert wird? Das war die Ausgangsfrage für dieses hier dokumentierte Projekt. Um möglichst alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigen zu können, wurden in zwei Dörfern in der Sahelzone mit der Beteiligung der Dorfbewohner Versuchsgärten angelegt und die Versuche durchgeführt. Dies war zwar unvergleichlich aufwendiger als Laborversuche, brachte jedoch vielseitige Erkenntnisse, die für die weitere Umsetzung wertvoll sind.

Damit waren neben pflanzenbaulichen, agrarökonomischen und bodenphysikalischen Aspekten auch ethnologische und sozio-kulturelle Fragestellungen zu behandeln. Erst durch genaue Kenntnis bestehender Lebensgewohnheiten, Rollenbilder und des Ausbildungsstandes war es möglich, Organisationsformen des Anbaus und der Pflege (und damit auch der Versuchsbetreuung) mit den einheimischen Projektbeteiligten zu entwickeln. Auch die Herstellungs- und Anwendungstechnologie des silikatischen Substrats wurde weiterentwickelt und optimiert.

Die Ergebnisse waren viel versprechend: Durch die verbesserte Anbauweise und den Einsatz des Substrates werden deutlich bessere Erträge erzielt. Neben der besseren Wasserspeicherfähigkeit des Bodens wird unter bestimmten Bedingungen auch die Nährstoffverfügbarkeit gesteigert und die Unempfindlichkeit gegenüber salzbelastetem Wasser erhöht.

Die nun vorliegende umfassende Dokumentation und Auswertung der Versuche ist eine gute Basis für weitere Umsetzungsbestrebungen im Rahmen von internationalen Projekten sowie für weitere Agrar-Anwendungen (z.B. im Obst- und Weinbau in Trockenlagen).

Besondere Anerkennung und Dank gebührt den engagierten ProjektmitarbeiterInnen aus den Orten im Senegal, insbesondere dem Dorfchef von Ourourbe Herrn Amadou Gueye BA, ohne dessen Weitsicht die Durchführung dieses Projektes unter schwierigen Bedingungen nicht möglich gewesen wäre.

Wien, im Juni 2006

Dipl. Ing. Michael Paula
(BM für Verkehr, Innovation und
Technologie)

Dr. Christian Smoliner
(BM für Bildung, Wissenschaft und
Kultur)

Projektorganisation

Auftragnehmer

Staatliche Versuchsanstalt – TGM, Baustoffe und Silikatechnik

Projektleitung

Prof. Dr. Hugo Hubacek

Dr. Katharina Zwiauer

Projektteam

Prof. Dr. Hugo Hubacek

Dr. Katharina Zwiauer

Dipl.-Ing. (FH) Jean-Paul Uwiduhaye

ProjektmitarbeiterInnen vor Ort

Mbakhana: Doudou Fall, Malik Fall, Demba Traoré, Moctar N'Diaye

Ourourbe: Amadou Gueye Ba, Amadou Ba, Raki Deh, Bodjel Ba und viele andere

Übersetzer: Amadou Sow

KooperationspartnerInnen

Univ.-Prof. Nicola Diallo (†), S. Sakho, Universität Dakar, Institut für Agronomie, Pflanzenphysiologie und Agrotechnologie

Mamadou Fall, Convention des Associations Rurales de Mbane et du Waalo (CARAMW)

Dr. Martina Gajdos, Institut für Afrikanistik der Universität Wien

Dipl.-Ing. Hans Geisslhofer, Caritas Innsbruck

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. W. Gutjahr, Institut für Statistik und Decision Support Systems der Universität Wien

Dipl.-Ing. (FH) Ronald Jaudas, Association Baraka

Cheikh Mouhamadou Bamba Ndiaye, L'Association Pour le Développement et l'Emancipation des Jeunes et des Femmes (ADEJF)

Mag. Harald Riedmann, Vienna Knowledge Net (vknn)

Inhalt

Vorbemerkung	5
Kurzfassung	9
Summary	11
Résumé	13
Einleitung	15
I. Anwendungstechnische Materialoptimierung der Silikatechnologie	17
(Hugo Hubacek)	
1. Problemstellung	17
2. Auswahl der lokalen Böden.....	18
2.1. Bodenproben aus Ourourbe.....	18
2.2. Bodenproben aus Mbakhana	19
3. Voruntersuchungen der Wasserverhältnisse	21
3.1. Brunnenwasser aus Ourourbe	21
3.2. Flusswasser aus Mbakhana.....	21
4. Anwendungstechnische Material-Optimierung des silikatischen Pulvers (SP)	22
4.1. Bedeutung der Pufferwirkung in sauren Böden	23
4.1.1. Vergleichende Messungen mit SP	23
4.2. Wirkungsmechanismen durch granulometrische Auswahl.....	24
5. Qualitätskriterien von SP	25
5.1. Chemische und physikalische Qualitätskriterien.....	26
5.2. Prüfung auf Pflanzenverträglichkeit	28
5.3. Anwendungsbezogene Prüfmethode zur Bestimmung der Wasserspeicherung.....	29
5.4. Messung des pflanzenverfügbaren Anteils des Bodenwassers.....	30
5.4.1. Vergleichende Messungen mit und ohne SP	31
6. Technologische Optimierung von Wasser und Luft im Wurzelbereich.....	33
6.1. Diskussion der gegensätzlichen Maximalforderungen	33
6.2. Auswahl der lokalen Luftporenbildner	34
7. Verfahren zur lokalen Herstellung von silikatischen Pflanzensubstraten	36
8. Analysen des salzhaltigen Wassers in Ourourbe.....	36
II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS)	41
1. Untersuchungsgebiet	41
1.1. Geografie	41
1.2. Wirtschaftliche Situation in der Region St. Louis	44
1.3. Klima	48
1.4. Boden.....	51
1.5. Ökologische Situation und Vegetation im Untersuchungsgebiet	51
2. Zielsetzungen und Fragestellungen	57
3. Material und Methode	58
3.1. Wissenschaftlicher Ansatz	58
3.2. Versuchsmaterial	61
3.3. Versuchsbedingungen und Versuchsdurchführung	65
3.3.1. Ausstattung der Versuchsflächen.....	65
3.3.2. Bodenbearbeitung	69
3.3.3. Windschutz.....	69
3.3.4. Beete	70

3.3.5. Pflanzweite	70
3.3.6. Pflanzenanzucht	70
3.3.7. Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrats.....	71
3.3.8. Auspflanzen auf der Versuchsfläche	74
3.3.9. Gießmodus	75
3.3.10. Düngung	76
3.3.11. Pflanzenschutz	78
3.3.12. Datenaufnahme	80
3.3.13. Transportmittel.....	82
4. Resultate	82
4.1. Versuchsdesign	82
Prinzipielle Vorgehensweise.....	82
Versuchsreihe I.....	83
Versuchsreihe II.....	86
Versuchsreihe III.....	91
Versuchsreihe IV	93
Versuchsreihe V	95
Versuchsreihe VI	107
Versuchsreihe VII	113
Versuchsreihe VIIa (Wiederholung der Versuchsreihe VII)	117
Versuchsreihe VIIb (Ergänzende Versuche zu VIIa)	125
Versuchsreihen mit Holzpflanzen	139
III. Kommentar zur statistischen Auswertung der Feldversuche	141
(Harald Riedmann)	
IV. Sozialwissenschaftliche Feldforschung	145
(Martina Gajdos)	
Methodik	145
Mbakhana.....	146
Ourourbe	160
Die CARAMW (Convention des Association Rurales de Mbane et du Waalo)	174
Verwendete Literatur	176
V. Aspekte der interkulturellen und transdisziplinären Forschungsarbeit.....	177
VI. Diskussion.....	187
VII. Literatur	195
Anhang	199
Abkürzungsverzeichnis	199
Tabellenverzeichnis.....	199
Abbildungsverzeichnis.....	201

Kurzfassung

Im Zentrum des Sahel-Projekts stand die Optimierung der Silikattechnologie (Herstellung und Anwendung des silikatischen Pflanzensubstrats) in Feldversuchen, welche im nördlichen Sahel Senegals gemeinsam mit potentiellen AnwenderInnen durchgeführt wurden.

Die gewählten Rahmenbedingungen gewährleisteten, dass die Optimierung unter realistischen Bedingungen stattfand. Diese komplexe Situation wurde bestimmt von einer Vielzahl miteinander verknüpfter und interagierender Faktoren, seien sie nun ökologischer oder sozialer Natur oder auch produktions- und anwendungstechnischer Art.

Diese gewählte „außergewöhnliche“ Forschungssituation bedeutete zwar einen hohen organisatorischen Aufwand und zum Teil auch ein höheres Forschungsrisiko, sie machte es jedoch möglich die Anwendung der Silikattechnologie in einen vielschichtigen Ansatz zu integrieren, der eine zusätzliche Produktivitätssteigerung und auch einen Wissenserwerb für die Beteiligten bedeutete.

Primäre Ziele der Forschung waren, mit Hilfe der Silikattechnologie einerseits das Ertragsniveau im Bewässerungsfeldbau zu heben, unter Berücksichtigung effizienter Wassernutzung, andererseits bei einer Bewässerung von Kulturpflanzen mit salzbelastetem Wasser Ertragseinbußen zu verhindern.

Zielsetzung war aber auch, das Optimierungsverfahren mit der Entwicklung von Lösungsansätzen zur nachhaltigen Ressourcennutzung in der landwirtschaftlichen Produktion zu kombinieren, unter Berücksichtigung der ökonomischen Notwendigkeiten (Produktivitätssteigerungen im Gemüsebau), der ökologischen Gegebenheiten (Wassermangel, nährstoffarme Böden) und der sozio-kulturellen Bedingungen.

Variable bei den zahlreichen Feldversuchen waren die täglichen Gießwassermengen, die Wasserqualität (salzbelastetes Wasser und Flusswasser), Düngemengen, Düngetechnik, Mischtechnik und Einbringungsmodus sowie die Mengen des eingesetzten silikatischen Pflanzensubstrats.

Eines der wesentlichsten Resultate ist, dass der Grundbestandteil des silikatischen Pflanzensubstrats – das silikatische Pulver- den Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser (pF-Wert) um das 8-fache erhöht.

Bodenuntersuchungen nach Ausbringung des silikatischen Pflanzensubstrats zeigen außerdem, dass dieses die Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Kalium und Phosphor sowie die Kationenaustauschkapazität (KAK) erhöht, wodurch eine Standortsverbesserung eintritt.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass unter den gegebenen Bedingungen salztolerante bzw. mäßig salztolerante Nutzpflanzen (Gemüse) mit Hilfe der Silikattechnologie auch mit salzbelastetem Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 2,5 dS/m (SAR 26) ohne Ertragseinbußen bewässert werden

können. Dies trifft auch zu, wenn die täglichen Gießwassermengen reduziert werden.

Pflanzen, bei denen das silikatische Pflanzensubstrat (SPS) in den Wurzelraum eingebracht wurde und die mit salzbelastetem Wasser bewässert wurden, lieferten einen gleich hohen Ertrag wie jene ohne SPS und einer Bewässerung mit Flusswasser.

Hingegen zeigen Pflanzen, die das SPS nicht erhielten und mit salzbelastetem Wasser bewässert wurden, einen signifikant schlechteren Ertrag, als jene aus der Vergleichsgruppe oben (ohne SPS und Bewässerung mit Flusswasser).

Die erzielten Ergebnisse zeigen insgesamt, dass die Silikattechnologie in Situationen, in denen Ertragsverluste aufgrund von Wassermangel, schlechter Wasserqualität, verminderter Vitalität der Pflanzen, Windbelastung etc. auftreten, zu wesentlich höheren Erträgen führen kann, auch wenn die täglichen Gießwassermengen reduziert werden.

Dies bedeutet, dass mit Hilfe der Silikattechnologie Ertragsverluste kompensiert werden können. So konnten beispielsweise in jenem Ort, in dem die ökologischen Rahmenbedingungen (salzbelastetes Gießwasser, hohe Wind- und Staubbelastung etc.) besonders ungünstig sind, mit dem silikatischen Pflanzensubstrat teilweise Ertragssteigerungen um mehr als 100% gegenüber der Referenzgruppe erzielt werden.

Im Rahmen der Feldversuche wurde zudem die Herstellung des SPS und dessen Anwendung wesentlich vereinfacht. Das silikatische Pulver (SP) kann mit Sand und bei Bedarf mit Mineraldünger gemischt werden und wird in dieser Form in den Boden eingearbeitet. Somit ist es auch vor Ort von den Anwendern leicht herzustellen.

Die bislang erzielten Ergebnisse sind in mehrfacher Hinsicht vielversprechend und zeigen die potentiellen Anwendungsmöglichkeiten in Trockengebieten, sei es in Afrika, Indien oder im Nahen Osten.

Aber auch in Europa, Kanada und den USA ergeben sich Einsatzmöglichkeiten in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, die von Wasserknappheit und Bodendegradation betroffen sind oder denen für eine Bewässerung nur salzbelastetes Wasser zur Verfügung steht. Der Bedarf an Lösungsansätzen zu diesen Fragestellungen ist besonders hoch, zumal in ariden Gebieten die Verschlechterung von Wasserqualität und die sekundäre Versalzung der Böden dramatisch zunehmen.

Summary

The Sahel project focused on the optimization of the silicate technology (production and application of silicate-based plant substrates) in field tests, which were performed in the northern Sahel region in Senegal together with potential users of the technology.

The environmental conditions and the background chosen ensured that the optimization could be tested and realized under realistic conditions. The complex situation was determined by a multitude of interacting factors that were bound up with each other; these issues referred to ecological and sociological aspects as well as to the methods of production and applications.

While this “extraordinary” method of research entailed tremendous efforts concerning organization and also caused a considerably higher risk for the research project, it enabled participants to integrate the application of the silicate technology in a multi-faceted approach, which brought an increase of production, but also additional know-how for the participants.

The primary goals of the research project consisted, on the one hand, in increasing the yields in irrigation farming, always keeping in mind efficient use of water resources, and on the other hand, to prevent losses in yield when using saline water.

Another objective was to combine the optimization process with approaches to the sustainable use of resources in agricultural production and at the same time take into account the economic necessities (increase in the production of vegetables), the ecological conditions (water deficiency, nutrient-poor soils), and the socio-cultural background.

The variables in the numerous field tests included the daily irrigation rate, water quality (saline and river water) fertilizer rates application methods, mixing technologies as well as varying amounts of the silicate substrate.

One of the most important results was that the main component of the plant substrate, i. e. the silicate powder increased the amount of plant-available water (“pF-value”) by a factor of 8.

Soil analyses after application of the silicate plant substrate have also shown, that the substrate increases the storing capacity of nutrients such as potassium and phosphorus and also improves the cation exchange capacity (CEC), which improves the quality of the cultivated area.

In addition, it has been shown that under these conditions salt-tolerant or moderately salt-tolerant crops (vegetables) can be irrigated with salt contaminated water with an electric conductivity of 2.5 dS/m (SAR 26) without any losses in yield. This is also the case if the daily irrigation rates have to be reduced.

Plants in which the silicate plant substrate (SPS) had been applied to the root-stock and which had been irrigated with saline water, delivered the same yield as plants without SPS application and which were irrigated with river water. In contrast, plants that were not treated with SPS and were irrigated with saline

water showed a significantly reduced yield compared to those from the control group (no SPS treatment, irrigation with river water).

Overall, the results have shown that the silicate technology, in cases where losses in yield on account of water deficiency, poor water quality, reduced vitality of the plants, extreme wind and dust loads etc. occur, may provide for considerably higher outputs even if the daily irrigation rates are reduced.

This means that the silicate technology offers the opportunity to compensate losses in yields. Thus, in a village characterized by extremely unfavorable environmental conditions (saline water, high wind loads and dust immission, etc.) using the silicate plant substrate brought an increase in yields of more than 100% compared to the reference group.

The field tests were also used to improve and simplify the production and application of the SPS. The silicate powder can be mixed with sand and, if necessary with mineral fertilizer and is then worked into the soil in this form. This enables users to easily produce and apply the product on site.

The results attained so far are very promising in many ways and highlight the potential forms of application in dry or arid areas, i.e. in Africa, India or the Middle East

But there are also potential applications in Europe, Canada, the U.S.A. in areas with intensive agriculture, that are affected by water deficiency and soil degradation or areas that can only use saline water for irrigation. The need for solutions concerning these issues is particularly urgent, given the fact that the expanse of arid areas with deteriorating water quality and secondary salinization is constantly increasing.

Résumé

Au centre du Projet du Sahel était l'optimisation de la technologie du silicate (production et application du substrat des plantes silicatiques) dans le champ d'essai, lesquelles furent exécutées dans le Nord Sahélien du Sénégal ensemble par les applicateurs/trices potentielles.

Les conditions du cadre choisis garantissaient, que l'optimisation a eu lieu sous les conditions réalistes. La situation complexe a été déterminée par une multitude des facteurs liés de façon interactive les uns aux autres qu'ils soient de nature écologique ou sociale ou encore de diversité de la production et de la technologie appliquée.

Ce choix d'une recherche « extraordinaire » de la situation signifiait en effet un grand effort organisationnel et en partie aussi un grand risque pour la recherche, elle le faisait cependant possible d'intégrer l'application de la technologie du Silicate dans un approche pluridisciplinaire, qui signifie une augmentation de la productivité accrue et aussi une acquisition des connaissances parmi les impliqués.

Les premiers buts de la recherche étaient, d'élever d'un côté par le moyens technologiques du Silicate le niveau des rendements de l'agriculture et de l'irrigation, sous la considération d'une utilisation efficace de l'eau, d'autre côté d'empêcher une perte considérable des rendements sous l'arrosage de la culture maraîchère avec de l'eau saumâtre.

Le but de la plantation était aussi de combiner ce procédé d'optimisation avec des solutions pour favoriser une utilisation des ressources et un développement durable de la production agricole en tenant compte des nécessités économiques (augmentation de la productivité des cultures maraîchères), des réalités économiques (manque d'eau, pauvreté en substances nutritives du sol) et des conditions socioculturelles.

Après de nombreux champs d'essai, les variables étaient la quantité d'arrosage journalière, la qualité de l'eau (saumâtre ou eau douce du fleuve), la quantité d'engrais, la technologie de fertilisation, la technique de mélange et le mode d'enfouissement ainsi que la quantité du substrat silicatique pour les plantes utilisées. Cette substance améliore les sols et permet d'accroître considérablement les rendements des cultures maraîchères. L'apport du nouveau substrat de silicate permet de stocker dans le sol huit fois plus de l'eau disponible pour les plantes (value PF).

L'analyse du sol après l'apport du substrat silicatique pour la plante montre en outre que cette disponibilité des substances nutritives comme le Kalium et le Phosphore augmente l'élévation de capacité d'échange de cations (CAC) par laquelle se produit une amélioration du site.

En plus, il s'est montré que dans ces conditions les plantes tolérantes ou moyennement tolérantes au sel (légumes) peuvent être arrosées par l'aide de la technologie silicatique aussi par l'eau salée avec une conductibilité électrique de 2,6 dS/m sans perte de rendement. Cela est juste si les quantités d'arrosage

quotidiennes sont réduites. Les plantes arrosées par l'eau saumâtre, chez lesquelles le substrat silicatique (SPS) a été apporté au niveau des racines donnent le même rendement comme ceux sans SPS et un arrosage avec l'eau douce du fleuve.

Par contre, les plantes qui n'ont pas obtenu l'apport du SPS montrent qu'avec l'arrosage de l'eau saumâtre on obtient un significativement plus mauvais rendement que ceux du groupe de comparaison (sans SPS et arrosé avec l'eau douce). Les résultats obtenus jusqu'à maintenant ont généralement montré que dans des situations où il faut s'attendre à des pertes de rendement dues au manque d'eau, à la mauvaise qualité de l'eau, au manque de vitalité des plantes et aux problèmes causés par les vents, la nouvelle technologie du silicate contribue à des rendements plus élevés. Par exemple, là où les conditions environnementales sont défavorables, (eau d'arrosage saumâtre, attaques accrues du vent et de la poussière) l'utilisation du substrat a permis d'augmenter le rendement des sols de 100% par rapport au groupe de contrôle.

En outre, dans le cadre des essais sur le terrain la production du SPS et son application étaient de plus en plus simplifiées. La poudre de silicate peut être au besoin mélangée avec du sable et de l'engrais minéral dans ce cas pour entretenir le sol. Ainsi il sera pour les utilisateurs plus facile de le produire sur place.

Les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont largement prometteurs et confirment les nombreuses possibilités d'utilisation dans des zones arides, que ce soit en Afrique, en Inde ou au Proche Orient.

Mais il est également possible d'utiliser ces méthodes en Europe, au Canada ou aux USA dans des zones destinées à une agriculture intensive et concernées par la pénurie d'eau, la dégradation des sols ou par une salinité secondaire des sols. Il est absolument important d'apporter une réponse à cette question car la qualité de l'eau ne cesse de se dégrader dans les zones arides et la salinité des sols secondaires s'étend de manière dramatique.

Einleitung

Intention des Sahel-Projektes war es, die Silikattechnologie für die Anwendung in der landwirtschaftlichen Produktion im Sahel zu optimieren.

Grundbestandteil des silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) ist ein stark wasserspeicherndes, silikatisches (natürliches) Material in Pulverform (SP) dessen elektrostatische Oberflächenkräfte durch einen trockentechnischen Mahlprozess und durch stark polare Additive wesentlich für die Wasseraufnahme verstärkt werden.“¹

Landwirtschaftliche Produktion ist im Sahel, speziell im nördlichen Sahel, aufgrund der ökologischen Situation schwierig und mit hohen Risiken (Ausfälle durch Schädlinge, Trockenheit verursacht durch Wassermangel etc.) verbunden. Hinzu kommt, dass die Böden aufgrund ihres geringen Humusgehalts und äußerst geringer Mengen an verfügbarem Stickstoff, Phosphor und anderen Nährstoffen eine landwirtschaftliche Nutzung erschweren.

Dies ist umso dramatischer, als 60-70% der Bevölkerung von der Landwirtschaft leben.“²

Um eine praxisnahe Optimierung – sie definierte sich in erster Linie über einfache Herstellung des silikatischen Pflanzensubstrats, geringste Aufwandsmengen und praktikable Anwendung – durchführen zu können, wurde dieses Forschungsprojekt mit Ausnahme der Materialoptimierung im nördlichen Sahel Senegals gemeinsam mit potentiellen AnwenderInnen durchgeführt.

Dazu wurden zwei ökologische Standardsituationen gewählt, mit denen zwei repräsentative Zielgruppen dieses Gebietes konfrontiert sind.

Bei der ersten Gruppe handelte es sich um Kleinstbauern aus dem Ort *Mbakhana*, die in so genannten Familiengärten überwiegend für den eigenen Bedarf produzieren und denen nur unfruchtbare, sandige Böden zur Verfügung stehen, die naturgemäß eine überaus geringe Wasserspeicherkapazität aufweisen.

Die zweite Gruppe waren nomadische Viehzüchter aus dem Weiler *Ourourbe*, die sich eine zusätzliche Produktionsmöglichkeit neben der Rinderzucht wünschten. Sie sind konfrontiert mit einem hohen Desertifikationsgrad in ihren Weidegebieten und bezüglich Gemüseanbau mit extremen Witterungsbedingungen (hoher Windbelastung, hohen durchschnittlichen Tagestemperaturen), einer verminderten Wasserqualität (Salzbelastung) und äußerst begrenzten Wasserressourcen.

Die gewählten Rahmenbedingungen gewährleisteten, dass die Optimierung der Anwendung in einer komplexen Situation stattfand, die bestimmt wird von einer

¹ Mittlg. H. Hubacek

² Athie, A., 2002

Vielzahl miteinander verknüpfter und interagierender Faktoren, seien sie nun ökologischer oder sozialer Natur oder auch produktionstechnischer Art.

Die Voraussetzung für diesen Forschungsansatz waren zum einen eine vorbereitende Feldstudie in den Projektdörfern und zum anderen während der Feldversuche eine intensive Verschränkung von Wissenschaft und Praxis sowie die Bereitschaft (und Möglichkeit) Forschungspläne zu reformulieren, wobei ein wichtiger Grundsatz war, dass transdisziplinäre Forschung sich durch den Willen kennzeichnet, Lösungsstrategien zu entwickeln, bei denen alle Hemmnisse und Potenziale verschiedener Akteursgruppen berücksichtigt werden³.

Ein wesentlicher Punkt, der im Laufe der Forschung immanenter wurde, war die Untersuchung der sozio-kulturellen Bedingungen, bezogen auf die Integration von Familiengärten in die Produktionstradition bei Viehzüchtern. Besonders zentrale Fragen waren, ob und zu welchen sozialen Spannungen diese Veränderungen führen können und unter welchen Bedingungen der Anbau von Gemüse ökonomisch ist.

Das erzielte Gesamtergebnis und die Vielzahl von Detailergebnissen zeigen, dass obgleich die gewählte „außergewöhnliche“ Forschungssituation einen hohen organisatorischen Aufwand und auch ein höheres Forschungsrisiko bedeutete, wir durch diesen Schritt zahlreiche wertvolle Zusatzinformationen erhielten. Erst dadurch wurde es möglich die Anwendung der Technologie in einen vielschichtigen Ansatz, der eine zusätzliche Produktivitätssteigerung und auch einen Wissenserwerb für die Beteiligten bedeutet, einzubetten.

Im vorliegenden Endbericht werden nun die naturwissenschaftlich-technischen Komponenten, bestehend aus der anwendungstechnischen Optimierung des silikatischen Pflanzensubstrats im Labor und in Feldversuchen, aber auch die sozialwissenschaftliche Begleitstudie sowie die interkulturellen, inter- und transdisziplinären Aspekte dieses Forschungsprojektes dargestellt.

Ergänzend sei noch erwähnt, dass die Forschungsarbeiten noch nicht abgeschlossen sind und zur Zeit ein umfangreicher Feldversuch zum Thema „Bewässerung mit salzbelastetem Wasser in Kombination mit Silikatsubstrat“ durchgeführt wird. Darüber hinaus wird begleitend eine Evaluierung mit Schwerpunkt „transdisziplinäres und transkulturelles Forschen“ durchgeführt.

³ Bergmann, M.: 2003

I. Anwendungstechnische Materialoptimierung der Silikatechnologie

(Hugo Hubacek)

1. Problemstellung

Der Boden als Pflanzenstandort ist ein belebtes, physikalisch-chemisches Multiphasensystem. Zum optimalen Gedeihen einer Pflanze gehören neben den festen Bestandteilen des Bodens eine gute Durchlüftung und ein geeigneter Wasserhaushalt mit Nährstoffen. Durch die Verkittung der festen mineralischen Körner mit kolloiden silikatischen Substanzen (Krümelbildung) entstehen Hohlräume (Porenvolumen, Bodenluft). Diese Hohlräume bestimmen sowohl die Beweglichkeit des Bodenwassers, wie auch die Luftzirkulation. Als vierte Phase kann die „biologische Phase“ (Mikroorganismen) bezeichnet werden, die letztendlich zur optimalen Entwicklungsmöglichkeit der Wurzeln in der komplexen Ganzheit des Bodens beiträgt.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Böden werden im Wesentlichen von der Bodenart bestimmt. Letztere wird durch die Korngrößenverteilung definiert.

In den Sandböden finden sich aufgrund der gröberen Korngrößenverteilung größere Hohlräume. In den Tonböden sind nur wenig Grob- und Mittelporen, dagegen viele Feinporen vorhanden.

Geht man bei einem Boden von den beiden das Pflanzenwachstum bestimmenden Faktoren Wasser und Luft aus, haben Sandböden wegen ihrer vorhandenen freien Hohlräume zwar eine gute Durchlüftung, jedoch nicht genügend Wasserspeicherfähigkeit. Bei diesen Böden ist die gesamte sorptionsfähige Oberfläche der einzelnen Körner („spezifische Oberfläche“) gering. Solche Böden neigen zur Trockenheit und zur Auswaschung der Nährstoffe.

Die Tonböden zeigen auf Grund ihrer größeren Kornoberflächen eine gute Wasserspeicherung, dagegen ein zu geringes Luftporenvolumen. Auch ist bei solchen Böden die Gefahr eines zu hohen sorptiven Haltevermögens zwischen den mineralischen und damit elektrostatischen Oberflächenkräften der Bodenteilchen und den Bodenwassermolekülen mit ihren starken Dipolkräften sehr groß. Werden diese Haltekräfte zu groß, können die Pflanzenwurzeln das an den Kornoberflächen gespeicherte Wasser nicht mehr aufnehmen. Der pflanzenverfügbare Wasseranteil wird zu gering.

Es war daher Aufgabe des Forschungsvorhabens für die nach der Teilchengrößen-Verteilung als „Sand“ analysierten Versuchsböden eine Lösung zu finden, bei der bei einem genügenden Luftporenvolumen gleichzeitig genügend Bodenwasser gespeichert wird und den Pflanzen über ihre Wurzeln zur Verfügung steht. Dabei müssen die Bindungskräfte des Wassers mit ihren

darin gelösten Nährstoffen an den Teilchenoberflächen des Bodens von den Saugkräften der Wurzeln überwunden werden.

Das Forschungsvorhaben wurde ausgerichtet auf Extremsituationen: Von dem in semiariden und ariden Gebieten allgemein bekannten Mängeln mussten besonders das fast gänzliche Fehlen von Humus sowie der Mangel an hydrophilen, chemischen Gruppen im mineralischen Teil des Bodens und damit seine fehlende Nährstoffsorption möglichst ausgeglichen werden.

2. Auswahl der lokalen Böden

Um die für das vorliegende Forschungsvorhaben zur Verfügung gestellten Rezepturen eines Silikatischen *Pulvers* (SP) auf die gegebene Bodensituation optimal abstimmen zu können, wurden vor Beginn der eigentlichen anwendungstechnischen Entwicklung Bodenproben gezogen, die chemisch und physikalisch nach ÖNORM S2021:1996 bzw. EN 13037:2002 hinsichtlich maximaler Wasserspeicherung, pH-Wert, Salzgehalt, Stickstoff, Phosphor, Kalium und Tonsubstanz untersucht wurden.

Darüberhinaus wurde der Humusgehalt der Bodenproben durch trockene Verbrennung nach ÖNORM L1086-1 bestimmt.

2.1. Bodenproben aus Ourourbe

Die Prüfungen der Ende März 2002 in Ourourbe gezogenen Bodenproben wurden in der Versuchsanstalt – TGM durchgeführt (Tab. 1).

Der Anteil an Tonsubstanz wurde durch die Rationelle Analyse nach Kallauner-Matejka bestimmt.

	Tiefe 4 cm ----- 40 cm	Tiefe 4 cm ----- 40 cm	Tiefe 4 cm ----- 40 cm
Maximale Wasserspeicherung auf AZ ⁴ bezogen [Masse%]	20,6	22,7	21,5
	----- 27,4	----- 27,0	----- 27,2
pH-Wert	6,7	6,7	6,7
	----- 6,5	----- 6,5	----- 6,5
Salzgehalt [g/l AZ]	0,65	0,52	0,59
	----- 0,17	----- 0,28	----- 0,20
N – gesamt verfügbar [mg/l AZ]	168,7	7,19	24,00
	----- 11,7	----- 9,52	----- 9,15
N – NO ₃ verfügbar [mg/l AZ]	53,65	1,25	5,40
	----- 0,51	----- 8,71	----- 0,41

⁴ AZ= Anlieferungszustand

N – NH ₄ verfügbar [mg/l AZ]	115,05	5,94	18,60
	11,19	0,81	8,74
P ₂ O ₅ verfügbar [mg/l AZ]	50,61	50,02	52,01
	30,53	59,71	40,22
K ₂ O verfügbar [mg/l AZ]	415,00	165,68	170,20
	58,51	65,42	67,10
Tonsubstanz in Masse%	3,29	4,35	3,90
	6,73	5,97	5,42

Tab. 1: Bodenproben aus Ourourbe

Schon mit Bericht vom 04 09 2001 wurden Bodenproben aus 7 Dörfern in der Region Saint Louis durch die Universität Cheikh Anta Diop de DAKAR gezogen und auf Tonsubstanz untersucht. Die Untersuchungen erfolgten im Auftrag der Versuchsanstalt - TGM, um bei der Auswahl geeigneter Forschungsplätze solche mit einer gut definierbaren Bodenart, mit einer auf lokale Verhältnisse bezogenen, gerade noch machbaren Infrastruktur und Organisation, sowie solche mit extremen Klimabedingungen aufzufinden.

Das Prüfergebnis der Universität Dakar lag für Ton bei 5,8 Masse% und deckt sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen, die ein halbes Jahr später in der Versuchsanstalt – TGM bestimmt wurden (Tab. 1).

Die Bodenproben wurden auch hinsichtlich ihrer Korngrößenzusammensetzung von der AGES/Wien, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung mit Prüfnummer U060197 vom 24 04 2006 nach ÖNORM 1061-2 untersucht und in Tab. 2 dargestellt.

	Korngröße	Masse%
Sand	<2000µm bis 63 µm	84
Schluff	<63 µm bis 2 µm	9
Ton	<2µm	7

Tab. 2: Bodenstruktur in Ourourbe

Der Humusgehalt der Bodenproben aus Ourourbe lag nach trockener Verbrennung bei 0,2 Masse%.

2.2. Bodenproben aus Mbakhana

Die Prüfungen der Ende März 2002 in Mbakhana gezogenen Bodenproben wurden in der Versuchsanstalt – TGM durchgeführt (Tab. 3).

Der Anteil an Tonsubstanz wurde durch die rationelle Analyse nach Kallauner-Matejka bestimmt.

	Tiefe	4 cm	Tiefe	4 cm	Tiefe	4 cm
		40 cm		40 cm		40 cm
Maximale Wasserspeicherung auf AZ ⁵ bezogen [Masse%]		23,7		24,1		23,8
		25,2		25,0		25,1
pH-Wert		6,9		6,7		6,7
		4,7		5,7		6,5
Salzgehalt [g/l AZ]		0,47		0,37		0,31
		0,28		0,22		0,21
N – gesamt verfügbar [mg/l AZ]		89,86		102,19		13,94
		15,16		14,58		9,15
N – NO ₃ verfügbar [mg/l AZ]		1,30		3,19		5,07
		nicht nachweisbar		0,57		0,47
N – NH ₄ verfügbar [mg/l AZ]		88,56		99,00		8,87
		15,16		14,01		8,68
P ₂ O ₅ verfügbar [mg/l AZ]		100,94		111,54		104,61
		63,76		67,28		48,89
K ₂ O verfügbar [mg/l AZ]		175,82		112,14		160,08
		77,42		75,79		55,87
Tonsubstanz in Masse%		2,48		1,87		2,73
		3,22		1,62		0,86

Tab. 3: Bodenproben aus Mbakhana

Auch in Mbakhana wurden im September 2001 Bodenproben in der Region Saint Louis durch die Universität Cheikh Anta Diop de DAKAR gezogen und auf Tonsubstanz untersucht. Diese Untersuchungen mit dem Ergebnis von 2,3 Masse% Ton (Bericht vom 04 09 2001) deckten sich mit denen der Versuchsanstalt – TGM. Aufgrund der Bodenanalyse war zu erwarten, dass dieser Boden besonders wenig Wasser speichert und eine starke Neigung zur Auswaschung von Nährstoffen und zur Austrocknung hat.

Die Bodenproben wurden auch hinsichtlich ihrer Korngrößenzusammensetzung von der AGES/Wien, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung mit Prüfnummer U060197 vom 24 04 2006 nach ÖNORM 1061-2 untersucht und in Tab. 4 dargestellt.

	Korngröße	Masse%
Sand	<2000µm bis 63 µm	95
Schluff	<63 µm bis 2 µm	3
Ton	<2µm	2

Tab. 4: Bodenstruktur in Mbakhana

⁵ AZ = Anlieferungszustand

Der Humusgehalt der Bodenproben aus Mbakhana lag nach trockener Verbrennung bei 0,2 bis 0,3 Masse%.

3. Voruntersuchungen der Wasserverhältnisse

Sowohl die lokale Situation wie auch die Qualität des zur Verfügung stehenden Wassers wurde vor dem eigentlichen Forschungsbeginn studiert.

3.1. Brunnenwasser aus Ourourbe

In Ourourbe wurden vor dem Forschungsbeginn bereits mehrmals über einen größeren Zeitraum Wasserproben aus dem im großen Umkreis einzig vorhandenen Brunnen gezogen, um etwaige Schwankungen festzustellen.

Die Analysen wurden in Anlehnung an DIN ISO 3696:1991 durchgeführt. Die Nitratprüfung wurde wie bei den Untersuchungen der Bodenproben vorgenommen (Tab. 5).

Probenahme am	06 09 2001	27 03 2002	29 06 2002
pH-Wert	7,3	7,4	7,4
NO ₃ [mg/l]	11,2	12,4	11,6
N-NO ₃ [mg/l]	2,5	2,8	2,6
Salzgehalt [g/l] (Abdampf- Rückstand)	9,9	11,3	10,3

Tab. 5: Brunnenwasser aus Ourourbe

Die weiteren Wasseranalysen während der Forschungsarbeiten sind unter Pkt 8 zu finden.

3.2. Flusswasser aus Mbakhana

In Mbakhana wurden vor den Forschungsarbeiten mehrmals über einen größeren Zeitraum Wasserproben aus dem Seitenarm des am Ort langsam vorbeifließenden Lampsar-Flusses gezogen, um etwaige Schwankungen festzustellen (Tab. 6).

Die Analysen wurden wie vorher beschrieben durchgeführt.

Probenahme am	07 09 2001	27 03 2002	30 06 2002
pH-Wert	6,7	6,7	6,7
NO ₃ [mg/l]	3,1	4,6	3,0
N-NO ₃ [mg/l]	0,7	1,0	0,7
Salzgehalt [g/l] (Abdampf- Rückstand)	0,09	0,10	0,05

Tab. 6: Flusswasser aus Mbakhana

Die weiteren Wasseranalysen während der Forschungsarbeiten sind unter Pkt. 5 zusammengestellt.

Das während der Forschungszeit mehrmals analysierte Gießwasser in Mbakhana zeigte keine von obigen Werten wesentlich abweichende Ergebnisse.

4. Anwendungstechnische Material-Optimierung des silikatischen Pulvers (SP)

Da die untersuchten Bodenproben im schwach sauren (pH = 6,7) bis stark sauren Bereich (pH = 4,7) lagen, war es für eine anwendungstechnische Optimierung dem Forschungsauftrag gemäß sinnvoll, eine bereits aus früheren Forschungsarbeiten grundsätzlich bekannte Rezeptur mit ihren Rohstoffkomponenten einzusetzen und eine der Rohstoffkomponenten mit ihren basisch aktiven Gruppen zu verstärken.

Ein niedriger pH-Wert bis zu 4,56 wurde auch in verschiedenen Bodenproben durch ISRA – Centre National de la Recherche Agronomique mit Bericht vom 07 03 2005 bestätigt.

Dieser Vorgang der Neutralisation zwischen saurem Boden und basisch wirkendem SPS, der nicht wie oft üblich über eine Kalkung durchgeführt wurde, ist für die Entstehung eines Ton-Humus-Komplexes wesentlich. Die Humuskolloide bilden mit den Tonkolloiden Komplexe, die eine für die physikalischen (Durchlüftung, Wasserspeicherfähigkeit) und chemischen Bodeneigenschaften (Ionenaustausch) günstige Krümelstruktur des Bodens und damit ein reiches Bodenleben bewirken. Mit zunehmendem Säuregrad werden diese Bodeneigenschaften ungünstiger: Dezimierung der Bodenmikroben, Bildung niedermolekularer Huminstoffe.

Zwar bedeuten niedrige pH-Werte an sich keine direkte Schädigung der Pflanzen durch Protonen, wohl aber werden dadurch sekundär zahlreiche negative Wirkungen ausgelöst. Darunter fallen der partielle Abbau des Ton-Humus-Komplexes, sowie die Mobilitätsverringering einzelner Nährstoffionen.

Durch eine geeignete und definierte Mahlfeinheit des SP (Tab. 8 und Abb. 2) wird eine nachhaltige Säurebindung im Boden durch kontinuierliche Freisetzung von Calcium-, Magnesium- und Kaliumionen erreicht. Dabei entstehen aus den Primärsilikaten schließlich Tonminerale für die Bodenerneuerung.

Der im Wasserauszug der mineralischen Komponenten des SP gemessene pH-Wert lag zwischen 9,7 und 9,8.

Wesentlich erscheint dabei, dass der Vorgang der „Silikatpufferung“ nicht sprunghaft wie bei der Kalkung erfolgt sondern kontinuierlich.

4.1. Bedeutung der Pufferwirkung in sauren Böden

Gelangen plötzlich basische Kationen in die Bodenlösung z.B. bei starker Kalkung, so können diese gegen sorbierte H^+ -Ionen ausgetauscht werden. Eine starke und bleibende pH-Verschiebung zur alkalischen Seite wird auf diese Weise verhindert.

Darüber hinaus sind Kulturpflanzen und Bodenorganismen gegen plötzliche und starke Veränderungen der Bodenreaktionen empfindlich. Dies gilt besonders bei Stressbelastung durch Klima oder fehlende Nährstoffe im Boden, wie durch die lokale Situation in Mbakhana und Ourourbe gegeben.

Ein wirksames Puffersystem ist besonders für Böden mit niedrigeren pH-Werten von Bedeutung, da die effektive Kationenaustauschkapazität mit einer Erhöhung des pH-Wertes und der spezifischen Oberfläche ansteigt.

4.1.1. Vergleichende Messungen mit SP

In einem verschlossenen Kolben wurden 100 ml einer 2 Masse%igen Zitronensäure (pH = 2,0) mit 40 g der basisch aktiven mineralischen Komponenten des SP (pH = 9,8) versetzt und über längere Zeit stehen gelassen.

Der gleiche Vorgang wurde mit einem handelsüblichen und in der Agrarwirtschaft verwendeten „Kalksand“ (pH = 9,4) durchgeführt.

Die pH-Wert-Messungen erfolgten über einen Zeitraum von knapp 3 Monaten. Der gemessene pH-Wert wurde als konstant angesehen, wenn er sich nach 30 Sekunden Messdauer nicht mehr änderte.

Das Ergebnis der Versuchsanordnung wird in Abb. 1 dargestellt und zeigt, dass die Neutralisation mit Kalksand nach 10 Tagen ein Maximum erreicht und nachfolgend der pH-Wert wieder stetig sinkt. Beim SP hat dagegen die Neutralisation auch nach 80 Tagen noch kein Maximum erreicht (nachhaltige Neutralisation).

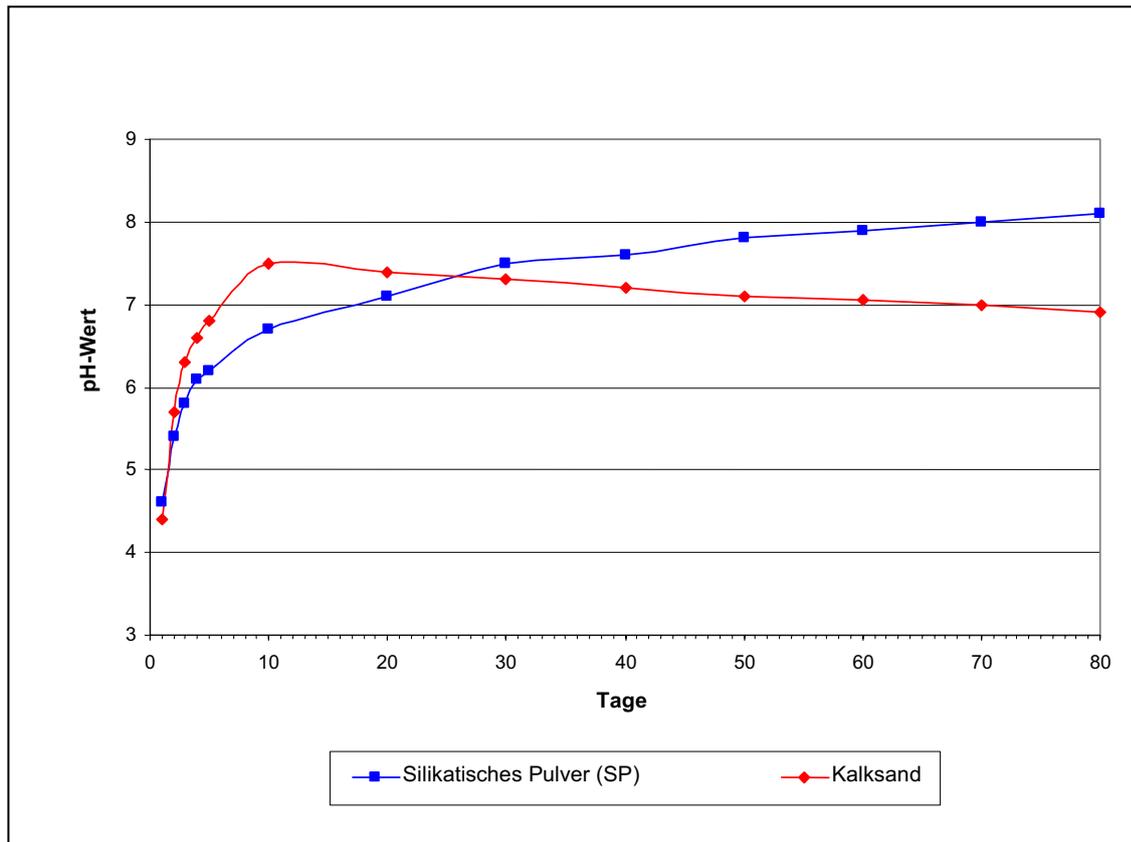


Abb. 1: Pufferwirkung von SP in saurer Lösung

4.2. Wirkungsmechanismen durch granulometrische Auswahl

Zur Optimierung der Anwendungstechnik für das betreffende lokale Einsatzgebiet erschien es sinnvoll den Anteil an Tonmineralien mit innerkristalliner Quellmöglichkeit, die aus vorhergehenden Forschungsarbeiten betreffend verschiedener Rezepturen bekannt waren, ausreichend sicherzustellen. Zu diesem Zweck wurde besonders auf die einzelnen Kornfraktionsbereiche (Tab. 8) geachtet. Die Siebkurve der Rohstoffkomponenten des SP ist aber auch deshalb von wesentlicher Bedeutung für ihren Wirkungsmechanismus, weil bei Tonmineralien mit ausreichender innerkristalliner Quellfähigkeit zwischen den Silikatschichten im Zwischenschichtwasser auch Kationen sitzen, die die negativen Überschussladungen des Silikatgitters aufheben und damit gut austauschbar werden.

Da der Quellvorgang wie auch der Kationenaustausch als Sorptionsvorgänge den Oberflächenreaktionen zuzuordnen sind, ist das geforderte Sorptionsvermögen wesentlich von der Polarität und der spezifischen Oberfläche des SP abhängig. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine zu große spezifische Oberfläche zu anwendungstechnischen Problemen führt, im Wesentlichen zu einer unregelmäßigen Bodenwasserverteilung, die besonders in kapillar wenig saugenden Böden wie z.B. in Ourourbe und Mbakhana, negativ wirksam wird.

Für die Ionen-Austauschreaktion sollte auch stets genügend und gleichmäßig verteiltes Wasser im Boden vorhanden sein. Da das SPS im Boden kaum jemals vollständig austrocknet, kann es zu einer Sorptionsintensität Wesentliches beitragen.

Die Siebkurve (Korngrößenverteilung), sowie die Auswahl der Rohstoffkomponenten des SP, sind für die elektrostatischen Oberflächenkräfte (Oberflächenaktivität) wesentlich. Der Wirkungsmechanismus des SP gegenüber Wasser kann als ein resultierender Kraftvektor aus einem 3-Kräfte-Diagramm, bestehend aus Schwerkraft, Saugspannung der Feinwurzeln und Van der Waalschen Kräften der Teilchenoberfläche definiert werden.

In den dem vorliegenden Forschungsprojekt zugrunde liegenden und vorausgegangenen Forschungsarbeiten konnte herausgefunden werden, wie obiger resultierender Kraftvektor durch geringe aber exakt definierte Mengen von Rohstoffkomponenten mit eingebauten hydrophilen Gruppen und mit einer starken, elektrostatischen Polarität praxisgerecht auf die jeweilige Situation eingestellt werden kann.

5. Qualitätskriterien von SP



Abb. 2: Silikatisches Pulver (SP)

Die Qualitätskriterien von SP (Abb. 2) wurden, bezogen auf die lokale Situation, aufgestellt und nach einschlägigen Normen geprüft. Sie gelten als Qualitätsstandard für die vorliegende Forschungsarbeit und wenn nicht anders

angegeben für die Verfahrenstechnologie ohne mineralische Luftporenbildner (vgl. Kapitel 6).

5.1. Chemische und physikalische Qualitätskriterien

Dichte

Die Dichte des SP wurde mittels Pyknometer in wasserfreiem Petroleum nach ÖNORM EN 993-2:2004 bestimmt.

Dichte: 2,44 g/cm³

Spezifische Oberfläche

Je feiner das SP gemahlen ist, umso größer ist seine spezifische Oberfläche d.h. die auf die Oberflächen aller Teilchen bezogene Masse. Mit zunehmender spez. Oberfläche steigt die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme. Ist die Mahlfeinheit zu groß, ist der hydrophile Effekt zu stark und die Quellung verläuft zu schnell: Die Hydratationsprodukte bilden gegenüber weiterer Wasseraufnahme eine relativ dichte Hülle und führen zu einer unregelmäßigen, oft auch klumpenförmigen Anhäufung der wasserspeichernden Materialien im Boden.

Die spezifische Oberfläche von SP wurde mittels BLAINE-Verfahren nach ÖNORM EN 196-6:1992 von der ARP-Aufbereitung Recycling Prüftechnik GmbH, 8700 Leoben, mit der Auftragsnummer A0411FAS2842 vom 19 04 2006 bestimmt.

Spezifische Oberfläche: 2691 cm²/g

pH-Wert

Der nach ÖNORM EN 13037:2000 in einer Suspension (mineralische SP-Rohstoffkomponenten und demineralisiertes Wasser) gemessene pH-Wert ergab folgende in der Pilot-Herstellung des SP erreichten Werte:

pH-Wert: 9,7 bis 9,8

Quantitative Analyse der mineralischen Hauptbestandteile

Die chemische Analyse (Tab. 5) wurde mittels Röntgenfluoreszenzanalyse vom Institut für Mineralogie und Petrographie, Universität Innsbruck, Bericht vom 2005 11 18, durchgeführt.

Hauptbestandteile	Masse%
SiO ₂	46,43
Al ₂ O ₃	14,72
Fe ₂ O ₃	11,74
MnO	0,15
MgO	4,80
CaO	4,79
Na ₂ O	2,92
K ₂ O	1,62
TiO ₂	2,41
P ₂ O ₅	0,63
Glühverlust 1000°C/2h	9,57
Total	99,78

Tab. 7: Mineralische Hauptbestandteile von SP

Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung des SP wurde in absolutem Alkohol mittels CILAS Lasergranulator von der ARP-Aufbereitung Recycling Prüftechnik GmbH., 8700 Leoben, mit der Auftragsnummer A0411FAS2842 vom 19.04.2006, bestimmt (Tab. 6 und Abb. 2).

Korngröße[µm]	Fraktions-%	Durchgangs-%	Rückstands-%
0,1 - 1,0	1,71	1,71	98,29
1,0 - 1,5	0,81	2,51	97,49
1,5 - 2,0	2,60	5,12	94,88
2,0 - 3,0	3,59	8,71	91,29
3,0 - 4,0	3,59	12,30	87,70
4,0 - 6,0	4,94	17,24	82,76
6,0 - 8,0	4,40	21,64	78,36
8,0 - 12,0	6,91	28,56	71,44
12,0 - 16,0	6,02	34,57	65,43
16,0 - 24,0	6,29	40,86	59,14
24,0 - 32,0	6,65	47,50	52,50
32,0 - 48,0	10,06	57,56	42,44
48,0 - 64,0	4,40	61,96	38,04
64,0 - 96,0	11,85	73,82	26,18
96,0 - 128,0	7,00	80,82	19,18
128,0 - 200,0	8,98	89,80	10,20
200,0 - 500,0	10,20	100,00	0,00

Tab. 8: Korngrößenverteilung von SP für eine Anwendungstechnik ohne mineralische Luftporenbildner

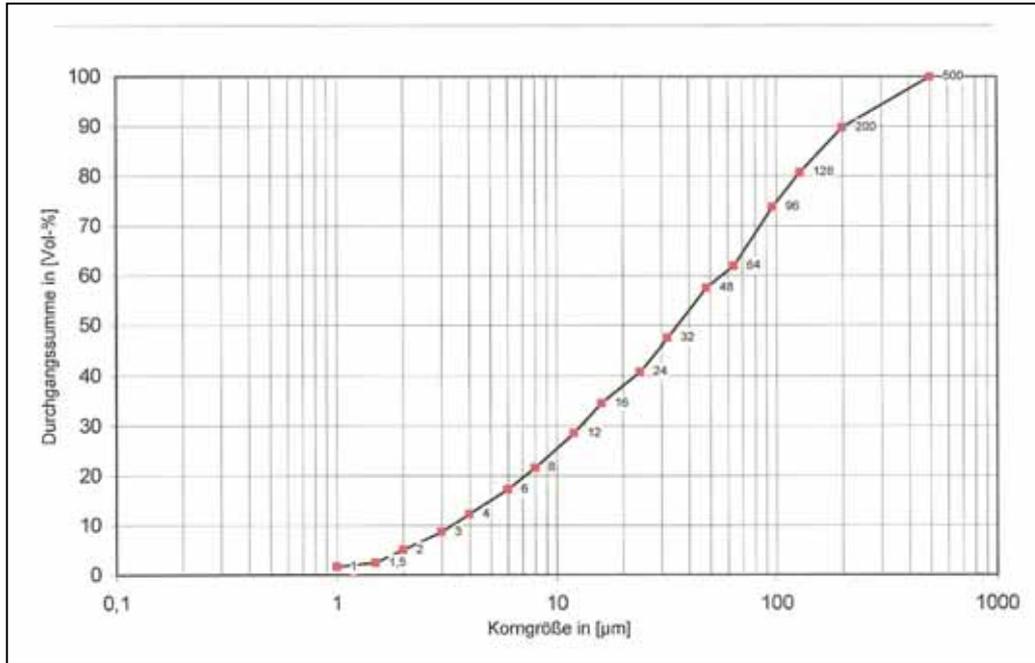


Abb. 3: Graphische Darstellung der Tab. 8.

5.2. Prüfung auf Pflanzenverträglichkeit

Die Pflanzenverträglichkeitsprüfung wurde von der AGES, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung/Wien, Analysen Nr. BGP 208/04 vom 2004 11 09 durchgeführt und ergab folgendes Ergebnis (Tab. 9).

(Die Werte sind Durchschnitte aus drei Wiederholungen)

Vergleichs-substrat	Prüf-mittel ⁶ g	Keimrate %	Keimver-zögerung in Tagen	Bio-masse g	=%	Pflanzen-farbe	Abnormi-täten
Versuchspflanze: Gartenkresse							
100%	--	100	0	4,18	100	grün	Keine
100%	30	100	0	5,42	130	grün	Keine
100%		100	0			grün	Keine
Versuchspflanze: Wiesenlieschgras							
100%	--	100	0	1.61	100	grün	Keine
100%	30	100	0	1,53	95	grün	Keine
100%		100	0			grün	Keine

Tab. 9: Pflanzenverträglichkeitsprüfung von SP

Die Prüfungen für die Pflanzenverträglichkeit zeigten in allen gemessenen Bereichen positive Resultate.

⁶ Es wurden 30 g SP in 1 Liter normgerechtes Kultursubstrat eingemischt.

5.3. Anwendungsbezogene Prüfmethode zur Bestimmung der Wasserspeicherung

Es wurde in der Versuchsanstalt – TGM in langjähriger Erfahrung festgestellt, dass die Bestimmung der Wasserkapazität nach der ÖNORM S 2021:1996, Pt. 5.3.5. nicht für Substrate mit sehr hoher Wasserspeicherkapazität geeignet ist. Es wurde daher eine eigene Prüfvorschrift zur Bestimmung der Wasserspeicherung ausgearbeitet.

Es wird zu einer bestimmten Menge von SP solange demineralisiertes Wasser zugegeben bis über dem wassergesättigten SP-Pulver ein Wasserspiegel steht. Nach 24 Stunden wird das klare Wasser von der abgesetzten SP-Suspension abdekandiert und die dickflüssige Pulver-Suspension in einen Zylinder mit Bodensieb und definierten Watte-Pads eingebracht. Der Zylinder wird kurz abtropfen gelassen und auf einer Sandoberfläche mit definierter Korngrößenverteilung kontaktschlüssig eine bestimmte Zeit stehen gelassen (Abb. 3 und 4). Die Wasserspeicherung des Substrates wird als Gewichts-differenz des Zylinders mit seiner Befüllung einerseits und nach dem Abrinnen des Wassers in die Sandoberfläche andererseits bestimmt.

Wasserspeicherung von SP

Die in der Versuchsanstalt – TGM, Baustoffe und Silikattechnik, entwickelte Methode zur Bestimmung der Wasserspeicherung hochquellfähiger silikatischer Materialien ergab folgende in der Pilot-Herstellung des SP erreichten Werte:

Wasserspeicherung: 2700 bis 3000 Masse% (Schwankungsbreite aus 6 verschiedenen Pilot-Herstellungen).



Abb. 4: Zylinder mit Bodensieb zur Bestimmung der Wasserspeicherung



Abb. 5: Zylinder mit wassergesättigtem SP auf Sandboden

5.4. Messung des pflanzenverfügbaren Anteils des Bodenwassers

Ziel der Prüfungen war die Ermittlung des pflanzenverfügbaren Wassers in Pflanzensubstraten vergleichsweise mit und ohne SP-Zugabe.

Die Prüfungen erfolgten nach ÖNORM L 1063 :1988 „Physikalische Bodenuntersuchungen: Bestimmung der Druckpotential-Wasseranteilsbeziehung in ungestörten Bodenproben“.

Die pflanzenverfügbare Wassermenge eines Bodens wird im Bereich von 60 bis 3000 hPa Druckpotential (negativer Druck bzw. Saugspannung) bestimmt. Bei 15000 hPa wird der permanente Welkepunkt (PWP) erreicht. Dieser Punkt entspricht jenem Wassergehalt des Bodens, bei dem eine Pflanze auch nach Wassersättigung des Bodens ihre Turgeszenz (innere Spannung der Zelle durch osmotische Wirkung des Zellsaftes) nicht wieder erreicht. Alles Bodenwasser, das über dem PWP liegt, ist für die Pflanze nicht mehr verfügbar („Totwasser“), alles Bodenwasser unter 60 hPa ist als abfließendes Dränwasser – ebenfalls nicht für die Pflanze verfügbar – zu bewerten.

Aus Erfahrungen lässt sich ableiten, dass bei Druckpotentialen über 3000 hPa unter bestimmten Bedingungen eine erste Reduktion des Ernteertrages eintreten kann, wobei das Wachstum der Pflanzen jedoch nicht bleibend geschädigt wird.

5.4.1. Vergleichende Messungen mit und ohne SP

Es wurde das Diagramm in Abb. 5 derart interpretiert, dass als pflanzenverfügbares Wasser nur solches ausgewiesen wird, das bei einem Druckpotential zwischen 60 und 3000 hPa gemessen wurde.

Zu diesem Zweck wurden einem inerten Pflanzensubstrat (gebranntes Tonrundkorn mit geschlossener Oberfläche, 1-3 mm Korndurchmesser) verschiedene Mengen an SP zugemischt und in Zylinder gefüllt. An den Zylindern wurde die Beziehung zwischen Druckpotential und pflanzenverfügbarem Wasseranteil gemessen.

Es kamen folgende Mischungen zur Untersuchung: inertes Pflanzensubstrat als Bezugsmaterial, SP-Zusatz von 6, 12, 18, 30 und 42 g zu 1150 g inertem Pflanzensubstrat (entspricht ca. 1 Liter Substratmaterial für den Pflanzenwurzelraum) und SP pur. Die Bestimmung der Druckpotential-Wasseranteil-Beziehung bei 15000 hPa wurde bei den Mischungen mit dem Zusatz von 18, 30 und 42 g SP, sowie bei SP pur nicht mehr durchgeführt, da die Analysendauer die veranschlagte Prüfdauer bei Weitem überschritten hat.

Die Prüfergebnisse sind in Zahlen mit den entsprechenden Analysennummern (Tab. 10), sowie die entsprechenden Kurven in einer Graphik dargestellt (Abb.5). Alle Prüfungen wurden durchgeführt im Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen, mit Bericht GZ 777-382/113/05 vom 2005 09 20.

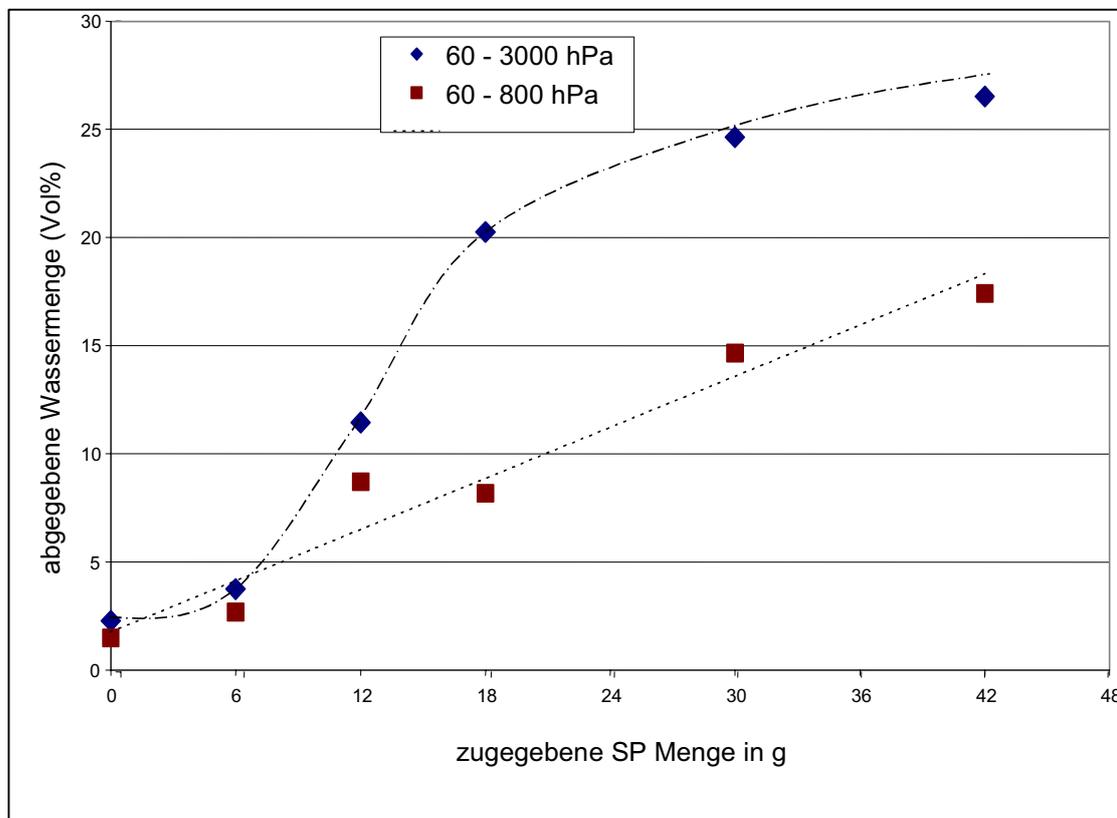


Abb. 6: Pflanzenverfügbarer Wasseranteil („abgegebene Wassermenge“) in einem inertem Pflanzensubstrat ohne und mit steigender SP – Menge

Bezeichnung der Probe ⁷	Analysen- nummer	Druckpotenzial-Wasseranteilsbeziehung (pF) Wasseranteil [Vol.%] bei Druckstufe [hPa]									
		0	60	100	300	800	3000	15000			
i.PS pur	72625	41,6	8,1	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	6,3		
i.PS pur	72626	37,9	10,2	9,6	9,2	8,7	8,7	8,7	6,9		
i.PS pur	72627	36,3	11,3	10,8	9,4	8,8	8,8	8,8	7,0		
1150 g i. PS + 6 g SP	72628	42,9	12,1	10,9	10,0	9,3	8,1	8,1	7,1		
1150 g i.PS + 6 g SP	72629	41,3	11,1	10,3	9,9	8,7	7,8	7,8	6,9		
1150 g i.PS + 6 g SP	72630	43,7	12,1	11,0	9,9	9,2	8,1	8,1	7,1		
1150 g i.PS + 12 g SP	72631	48,1	21,5	15,6	14,0	12,4	9,6	9,6	8,1		
1150 g i.PS + 12 g SP	72632	48,3	21,1	15,0	14,0	12,7	9,8	9,8	8,5		
1150 g i.PS + 12 g SP	72633	47,2	20,5	14,6	13,9	11,9	9,3	9,3	7,7		
1150 g i.PS + 18 g SP	72634	55,7	30,3	23,9	23,5	22,4	9,6	9,6	n.g		
1150 g i.PS + 18 g SP	72635	53,6	30,0	25,2	24,8	22,5	9,8	9,8	n.g		
1150 g i.PS + 18 g SP	72636	52,4	29,0	22,0	21,6	19,8	9,2	9,2	n.g		
1150 g i.PS + 30 g SP	72637	57,3	38,1	32,4	32,7	28,1	17,8	17,8	n.g		
1150 g i.PS + 30 g SP	72638	51,1	42,3	33,6	32,5	27,1	17,1	17,1	n.g		
1150 g i.PS + 30 g SP	72639	50,4	46,1	31,7	31,5	27,3	17,7	17,7	n.g		
1150 g i.PS + 42 g SP	72640	61,0	49,0	41,2	36,5	33,4	25,2	25,2	n.g		
1150 g i.PS + 42 g SP	72641	64,3	51,7	40,9	38,6	33,2	22,1	22,1	n.g		
1150 g i.PS + 42 g SP	72642	58,6	52,2	41,8	38,4	34,1	25,9	25,9	n.g		

Tab. 10: Zahlentabelle zu Abb. 5

⁷ i.PS = inertes Pflanzensubstrat, SP = silikatisches Pulver n.g = Werte wurden nicht gemessen

In Abb. 5 wird der Wirkungsmechanismus des SP, eingemischt in ein Pflanzensubstrat deutlich. Mit steigender Zugabe von SP steigt das pflanzenverfügbare Wasser im Bereich des Druckpotentials von 0 bis 800 hPa linear an. Dagegen ergibt die Messung im Bereich bis 3000 hPa eine größere Steigerung des pflanzenverfügbaren Wassers, allerdings erst ab einer Zusatzmenge von 6 g. Diese Werte entsprechen auch den Felderfahrungen in Ourourbe und Mbakhana.

Das Pflanzensubstrat hat ohne SP im Bereich zwischen 60 und 3000 hPa einen durchschnittlichen, pflanzenverfügbaren Wasseranteil von 2,3 Vol%. Die gleiche Menge an Pflanzensubstrat besitzt nach Zugabe von 18 g SP (üblicher Mengeneinsatz in der Praxis) einen Wasseranteil von 20,5 Vol%. Durch die SP-Zugabe wird das pflanzenverfügbare Wasser um das 8,9fache (!) gesteigert. In 1 m³ des gemessenen Pflanzensubstrats ohne SP sind daher 23 Liter, in der gleichen Menge Pflanzensubstrat mit 18 g SP sind 205 Liter pflanzenverfügbares Wasser gespeichert.

Bei den Druckpotentialen zwischen 60 und 3000 hPa kann bei einer Zugabe von 6 bis 20 g SP jeweils für 1 g SP mit einem pflanzenverfügbaren Wasseranteil von rund 1 Vol%, bezogen auf das Pflanzensubstrat, kalkuliert werden.

Jede „Überdosierung“ von SP, d.h. mehr als ca. 20 g SP/l Pflanzenwurzelsubstrat bringt demnach vor allem aus ökonomischer Sicht keine Vorteile. Diese Mengenangabe kann nur für ein SP mit den angegebenen Qualitätskriterien und für bestimmte Boden- und Klimaverhältnisse gelten.

6. Technologische Optimierung von Wasser und Luft im Wurzelbereich

6.1. Diskussion der gegensätzlichen Maximalforderungen

Um ein möglichst großes offenes Porenvolumen und damit einen hohen Sauerstoffgehalt im Wurzelraum der Pflanzen zu erreichen, muss die Haufwerkporigkeit des Pflanzenwurzelsubstrates groß gehalten werden.

Eine große Haufwerkporigkeit wird in einem geschlossenen System durch Verringerung des Feinkornanteils und des etwaig vorhandenen Matrixgehaltes erreicht.

Ein Maximum der Haufwerkporigkeit wird erreicht, wenn nur eine einzige Korngruppe (Kornteilchen mit gleichem Durchmesser) eingesetzt wird. Ein derartiges „Monokorn“ ist jedoch in der Praxis nur aufwendig herstellbar, da große Materialmengen ausgesiebt werden müssen. Es war demnach eine gute Haufwerkporigkeit zu suchen, die in der Praxis ohne wesentlichen Aufwand herstellbar ist und auch den gegebenen Rohstoffverhältnissen entspricht.

Eine gute Matrixporigkeit, ebenfalls für eine Durchlüftung des Pflanzenwurzelsubstrates von wesentlicher Bedeutung, ist dann gegeben, wenn der Porenraum möglichst wenig mit Wasser ausgefüllt wird. Dieser offene Porenraum wird am besten erreicht, wenn das SP durch van der Waalsche

Kräfte an der Oberfläche eines mineralischen Luftporenbildners (mineralisches Granulat mit mehreren Millimetern Korndurchmesser) gehalten wird und auf diese Weise nach dem Gießvorgang ein Wasserfilm die Teilchen des Luftporenbildners umhüllt.

Die Wasseraufnahme des Pflanzenwurzelsubstrates wird auch durch die Porigkeit (offene Poren) des mineralischen Luftporenbildners selbst beeinflusst: Eine hohe Kornporigkeit bewirkt eine gute Wasseraufnahme. Die Kornporigkeit hängt ausschließlich von der Beschaffenheit der natürlichen Ressourcen d.h. des natürlichen Vorkommens der Luftporenbildner ab. Im Falle Nordsenegal konnten keine wirtschaftlich sinnvollen Vorkommen mit einer guten Kornporigkeit ausfindig gemacht werden.

6.2. Auswahl der lokalen Luftporenbildner

Die Korngrößenverteilung der senegalesischen, mineralischen Luftporenbildner (LPB) musste wegen ihrer fehlenden Kornporigkeit in Richtung Haufwerkporigkeit und Matrixporigkeit optimiert werden. Die Matrixporigkeit wird vor allem durch die Eigenschaften (Haftung) des SP an der Kornoberfläche geschaffen.

Es blieb demnach für ausführliche Laborversuche die Untersuchung der Haufwerkporigkeit vorrangig. Als Resultat aus diesen Versuchen ergaben sich auch hinsichtlich der lokalen Ressourcen zwei Kornfraktionen des LPB, nämlich 2–4 mm (Mischung I) und 4–8 mm (Mischung II).

Je nach Pflanzlochvolumen eignen sich auf Grund von praktischen Erfahrungen für Pflanzlöcher von < 2 l die Mischung I, für größere eine Mischung I/II bestehend aus Mischung I (2 Vol. Teile) und Mischung II (1 Vol. Teil) bis hin zu Baumpflanzungen mit Pflanzlöchern von > 10 l mit ausschließlich Mischung II.

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Korngrößenverteilungen für LPB gelten, deren Kornporigkeit gering bis sehr gering ist.

Nachteile des senegalesischen Basaltes

Auf Grund von verschiedenen Versuchen vor dem Beginn der Forschungsarbeiten wurde als senegalesisches LPB ein Basaltmaterial aus der Nähe von St. Louis ausgewählt, welches mittels Röntgendiffraktometer und unter dem Mikroskop hinsichtlich seiner Mineralphasen untersucht und bestimmt wurde. Die Untersuchungen wurden von HR Dr. Robert Seemann (Naturhistorisches Museum Wien, Bericht von 04 07 2002) durchgeführt.

Probenbeschreibung

mittel- bis feinkörniges vulkanisches Gestein, dunkelgrau

Mineralphasen

Hauptmenge: Augit (Hornblende) $\{Ca, Na (Mg, Fe, Al) [(Si, Al)_2O_6]\}$

Nebmenge: Olivin $[(Mg, Fe)_2(SiO_4)]$

Analcim $[Na (AlSi_2O_6), H_2O]$

Nach dieser Zusammensetzung handelt es sich um einen Alkali-Olivinbasalt, eventuell um einen Basanit.

Die Versuche zeigten eine zu geringe Haftung zwischen dem SP und der Basalt-Oberfläche.

Weiters wurde die hohe Rohdichte des Materials als für das Handling bezüglich der Pflanzensubstrate für zu schwer empfunden.

Vorteile des senegalesischen Limonites

Aufgrund der vorher beschriebenen Ergebnisse wurde ein anderes und geeigneteres Material ausfindig gemacht, das in weiten Teilen Senegals erhältlich ist, im Straßenbau eingesetzt wird und entsprechend preisgünstig ist (geringe Transportkosten, fast überall lagernd). Das Material wird landesüblich als „Laterit“ bezeichnet.

Es stellte sich heraus, dass die Haftung des SP besser auf den Oberflächen des Lateritmaterials im Vergleich zum Basalt ist.

Bei den Forschungsarbeiten wird nur der mechanisch feste Laterit für den Straßenbau verwendet.



Abb. 7: Senegalesischer Limonit als mineralischer Luftporenbildner

Probenbeschreibung

z.T. lose und z.T. in Agglomeratbruchstücken zusammengefasste rundliche bis kantengerundete Komponenten von dunkelbrauner bis rötlicher Farbe (Abb. 6), seltener auch hellbraun bis hellocker. Die Komponenten sind meist Limonitgerölle, z.T. Limonit-Oxide, sowie Quarzgerölle und Bruchstücke von Quarzgeröllen. Reste der ehemaligen Matrix (Bindemittel des ursprünglichen Konglomerats) sind ebenfalls vorwiegend Limonit (Goethit, Hämatit) und

feinsandiger, gut gerundeter Quarz. Das gesamte Probenmaterial ist durchgehend stark verwittert.

Mineralphasen

Hauptmenge: Quarz (SiO_2)

Nebmenge: Goethit ($\text{FeO}\cdot\text{OH}$)

Hämatit (Fe_2O_3)

Die ausreichende Haftung zwischen SP und Lateritoberfläche, wahrscheinlich ausgelöst durch die im wässrigen Medium stark hydrophilen Tonmineralien, sowie die im ganzen Land erhältlichen Vorräte (besonders auf Bauhöfen) ließen diese Materialien vorerst für SPS als geeignet erscheinen. Auch der Kressetest für die Pflanzenverträglichkeit ergab ein positives Resultat.

7. Verfahren zur lokalen Herstellung von silikatischen Pflanzensubstraten

Verfahren mit mineralischem Luftporenbildner

Zu Beginn des Forschungsvorhabens war eine mehrjährige Anwendungstechnik bekannt, mit der ein geeignetes Wasser-Luft-Verhältnis erreicht werden konnte. Zu diesem Zweck wurden mineralische Granulate mit mehreren Millimetern Durchmesser mit dem SP beschichtet und in den Wurzelraum der Pflanzen eingebracht. Zur Beschichtung mit dem SP wurden die Granulate vorher kurz in Wasser getaucht, auf einem Sieb abtropfen gelassen und auf die feuchten Granulatoberflächen gleichmäßig SP aufgestreut und durchgemischt. Diese beschichteten Granulate wurden anschließend in den Wurzelraum der Pflanzen eingebracht und mit lokaler Erde (Sand) aufgefüllt.

Das Ergebnis aller dieser Versuche wies für die Praxis einige Mängel auf: Erstens wurde die Mischtechnologie von SP-Pulver mit den Granulaten als zu kompliziert empfunden. Zweitens gab es bei den AnwenderInnen aufgrund der grobkörnigen Zusammensetzung der Luftporenbildner Widerstände. Man wehrte sich dagegen „Steine“ in den Boden einzuarbeiten.

8. Analysen des salzhaltigen Wassers in Ourourbe

Das stark salzhaltige Brunnenwasser in Ourourbe (Tab. 3) wurde stets mit dem Senegal-Flusswasser verdünnt. In der Pflanzperiode Dezember 2003 bis März 2004 wurde 13 Wochen hindurch durch Messung der elektr. Leitfähigkeit mittels Taschen-Leitfähigkeitsmessgerät und Berechnung des Salzgehaltes mittels experimentell ermittelten Geräteparameters die Qualität des Brunnenwassers (Abb. 3), sowie des Gießwassers (Abb. 4) aufgezeichnet.

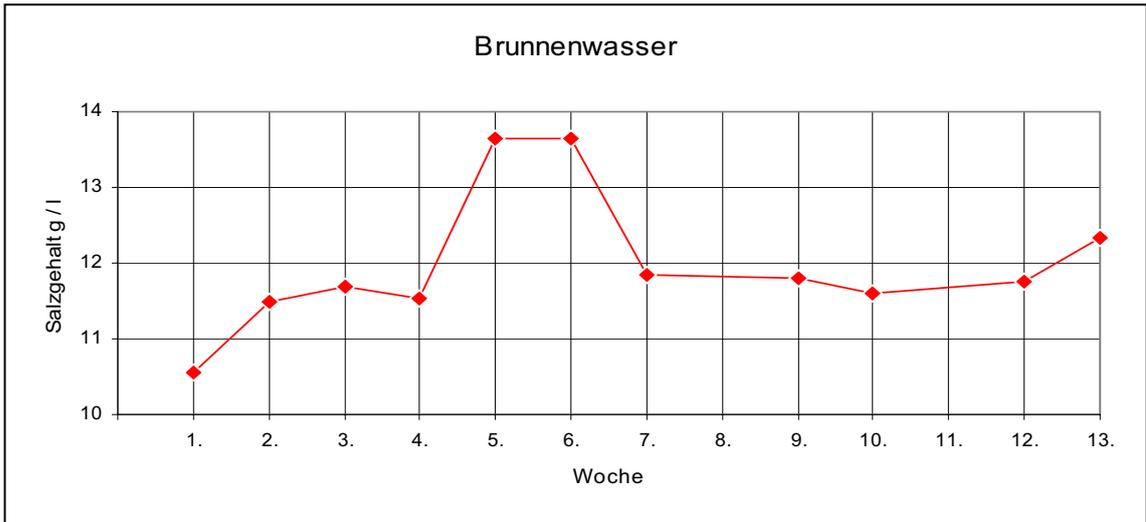


Abb. 8: Brunnenwasser in Ourourbe

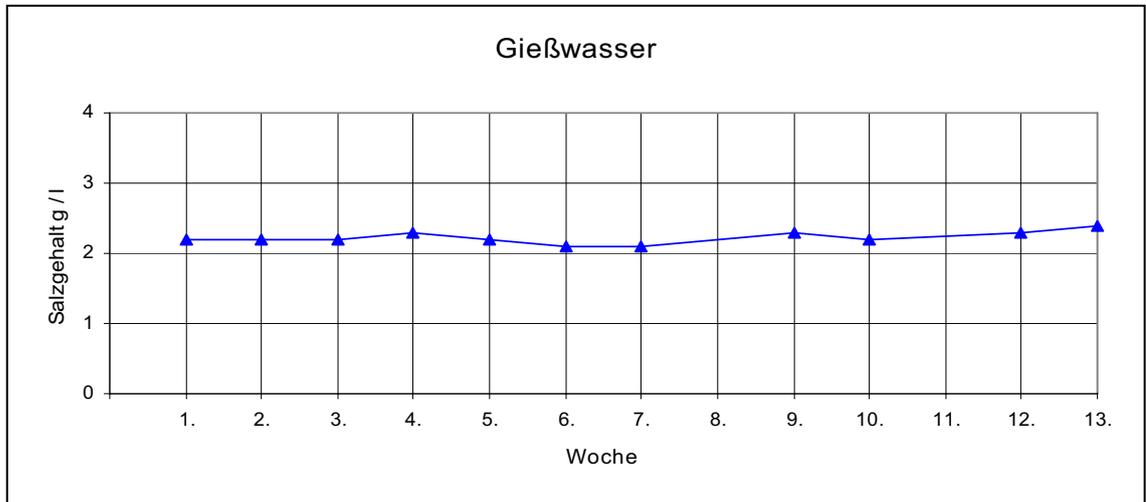


Abb. 9: Gießwasser in Ourourbe

Als repräsentative Werte des in Ourourbe eingesetzten Gießwassers werden die Wasseranalysen in Abb. 8 mit ihrem maximalen Schwankungsbereich angegeben. In den letzten beiden Spalten dieser Tabelle sind das originale (nicht mit Senegalfluss wasserverdünnte) Brunnenwasser, sowie das Senegalflusswasser analysiert. Die Analysen wurden teils von der AGES/Wien, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, teils von der Versuchsanstalt - TGM, durchgeführt. Die Analyseergebnisse zeigten Übereinstimmung.

Probe	Gießwasser Ourourbe ⁸			*	**
pH-Wert	7,2	7,5	7,9	7,7	7,1
el. Leitf. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2570	3520	3700	13100	138
Ca (mg/l)	59,4	61,5	72,5	310,1	10,3
Mg (mg/l)	27,0	25,5	28,0	133,9	3,1
K (mg/l)	4,9	4,7	6,8	27,3	2,1
Na (mg/l)	448,8	667,3	719,1	1636,3	12,4
Ges.Härte (dGH)	14,5	14,5	16,6	74,3	3,0
P (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Karbonat Härte (dKH).	3,9	4,1	5,4	11,6	3,0
NO ₃ (mg/l)	31,3	1,2	4,7	20,8	1,5
NH ₄ (mg/l)	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	0,1
Fe (mg/l)	0,01	0,01	0,0	0,05	0,15
Mn (mg/l)	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0
Cu (mg/l)	0,0	0,02	0,01	0,01	0,0
Zn (mg/l)	<0,01	0,11	0,02	< 0,01	< 0,01
Berechn. Salzgehalt g/l	1,7	2,2	2,4	8,5	0,08
Berechn. SAR-Wert	17,15	25,56	25,71	27,67	1,23

Tab. 11: Wasseranalysen

Die Berechnung des Salzgehaltes in Tab. 11 erfolgte aus der elektrischen Leitfähigkeit nach den „Guidelines for Interpretations of water quality for irrigation“ (www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E01.htm#ch.1.2). Durch Abdampfen der jeweiligen Wässer im Labor der Staatlichen Versuchsanstalt – TGM ergab sich ein Salzgehalt, der mehr als 10% höher liegt im Vergleich zum berechneten Salzgehalt.

Der SAR-Wert wird berechnet aus: $\text{Na gebrochen durch Quadratwurzel aus der Hälfte Ca + Mg in mmol/l}$.

Die Ionenkonzentration des Brunnenwassers von Ourourbe hat sich während der mehrjährigen Wasserentnahme erhöht. Auch die Tageswerte steigen von Früh bis Abend um über 10% an und sinken in der Nacht wieder ab.

Das Senegal-Flusswasser und das Mbakhana-Flusswasser sind dagegen während der mehrjährigen Forschungsdauer als konstant zu bewerten.

In Senegal durchgeführte Wasseranalysen

Die Wasseranalysen wurden zum Teil auch in Senegal von Univ.Prof. Dr. A. Faye des Laboratoire d'Hydrochimie, Universite Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, durchgeführt (Tab. 12). Die Werte des Salzgehaltes und der berechneten SAR-Werte liegen bei diesen Messungen um einiges höher im Vergleich zu jenen, die die AGES ermittelte.

⁸ * Brunnenwasser Ourourbe (unverdünnt), Wasserprobe vor Beginn der Forschungsarbeiten
** Senegalflusswasser

Probe	Ourourbe: Brunnenwasser	Senegal- Fluss	Mbakhana- Fluss	Ourourbe: Gießwasser
pH-Wert	7,37	8,12	7,65	7,89
el. Leitf. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	14140	101	644	3106
Ca (mg/l)	458,87	10,64	25,68	193,13
Mg (mg/l)	207,23	2,28	19,34	139,72
K (mg/l)	28,79	2,11	12,5	6,00
Na (mg/l)	2678,85	6,05	78,40	1441,47
HCO ₃ (mg/l)	353,80	43,75	198,25	96,54
NO ₃ (mg/l)	5,03	1,03	n.g.	1,10
NH ₄ (mg/l)	18,70	n.g.	n.g.	1,62
Cl (mg/l)	4907,51	6,53	124,21	1503,71
Fe (mg/l)	10,07	0,17	0,15	1,97
Br (mg/l)	12,46	0	0	n.g.
SO ₄ (mg/l)	760,40	3,07	10,64	158,33
SiO ₂ (mg/l)	n.g. ⁹	11,89	12,81	n.g.
gemessener Salzgehalt g/l	12,02	0,10	0,58	2,64
Berechn. SAR-Wert	36,89	0,62	4,03	27,29

Tab. 12: Wasseranalysen

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die Umrechnung der elektrischen Leitfähigkeitswerte auf die Masse der gelösten Salze im Wasser nach den Angaben der FAO nicht mit den Erfahrungswerten der Versuchsanstalt – TGM und den von der Universität Dakar gemessenen Salzgehalten übereinstimmt. Die FAO-Werte mit dem Umrechnungsfaktor 0,64 von elektrische Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf mg Salz/l Wasser ergeben um 10 bis 20% niedrigere Salzgehalte.

⁹ n.g. = nicht gemessen

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS)

1. Untersuchungsgebiet

1.1. Geografie

Die Feldversuche wurden in der nördlichen Sahelzone Senegals durchgeführt. Senegal liegt im äußersten Westen Afrikas. Er hat eine Fläche von 196.722km². Die Einwohnerzahl liegt bei etwa 10 Millionen.

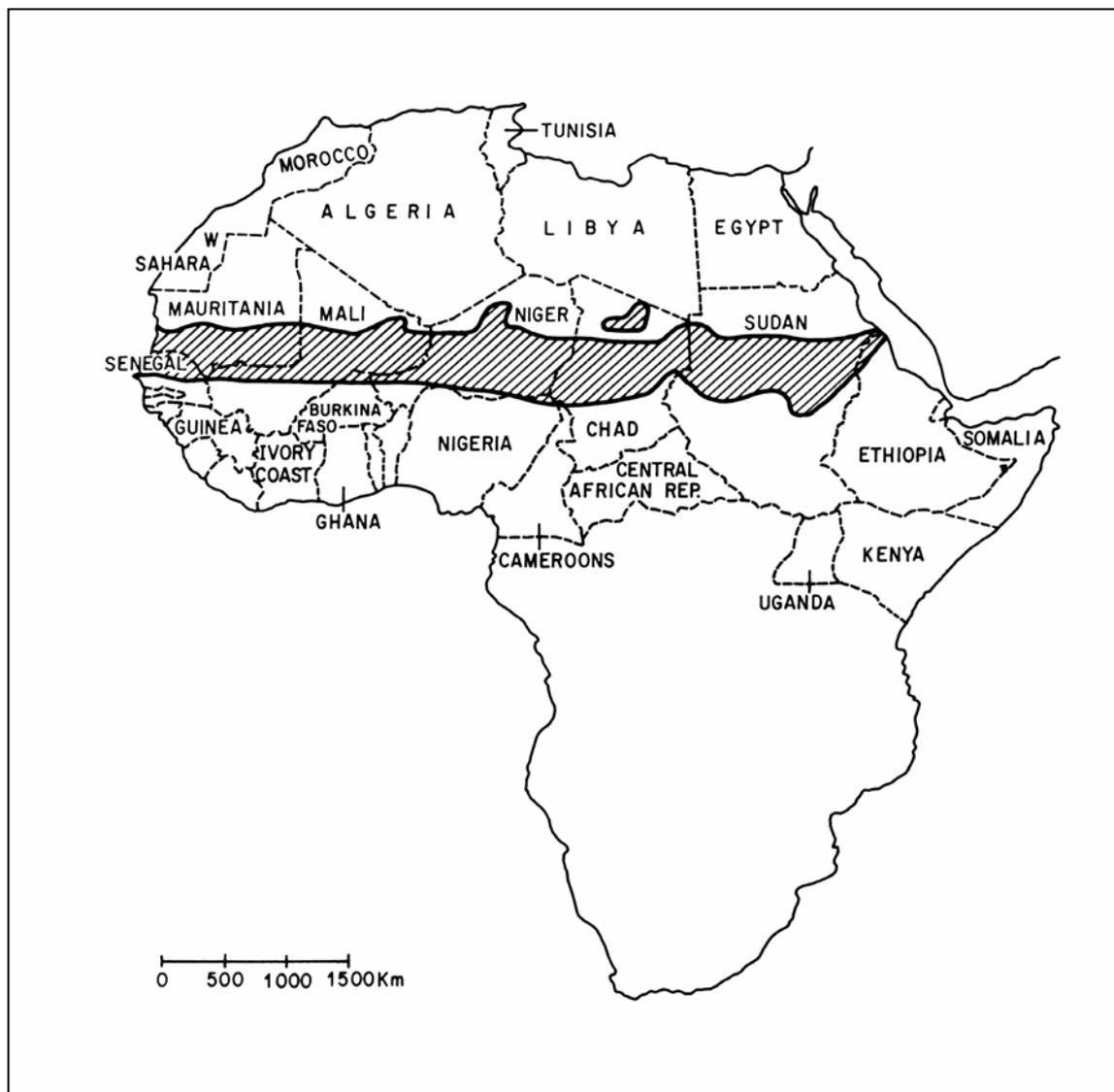


Abb. 10: Sahelzone (Quelle: Le Houérou, 1989)

Senegal ist ein multiethnischer Staat. Die Wolof stellen die größte Bevölkerungsgruppe dar, gefolgt von Sérèr, Tukuleur und Fulbe (Peulh). „94%

der Bevölkerung gehören dem Islam¹⁰ an, nur 4% sind Katholiken, wobei die meisten Katholiken im Süden Senegals leben.

Im Senegal werden Erdnüsse, Hirse, Reis, Gemüse (vorwiegend für den lokalen Markt), Baumwolle und in geringem Ausmaß auch Cashew (Kaschubbaum) angebaut.¹¹ Etwa 77% der agrarischen Bevölkerung sind Subsistenzbauern.¹²

Die Erdnussproduktion ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Ebenso die Produktion von Reis im Senegaltal. „Die Gesamtanbaufläche des Reisanbaus beträgt nur mehr 28,5% der gesamten kultivierten Fläche gegenüber 64% in den Jahren 1990/91.“¹³ Da der Reiskonsum aber steigt, müssen etwa 80% des Bedarfs importiert werden.

Exportiert werden vor allem Fisch und Erdnüsse. Wichtigster Handelspartner ist nach wie vor Frankreich.

Eines der bedeutendsten landwirtschaftlichen Zentren des Landes ist das Senegalflusstal in der *Région de Saint-Louis*. In diesem Gebiet wurden auch die Feldversuche durchgeführt.

„Die *Région de Saint-Louis* ist die nördlichste Region im Senegal. Sie erhielt ihren Namen 1984 durch eine Verwaltungsreform, welche die davor gebräuchliche geografische Bezeichnung „*Region du Fleuve*“ ersetzte. Das Gebiet erstreckt sich über 600 km von deren Hauptstadt St. Louis im Westen bis knapp 40 km vor die Grenze zu Mali im Osten. Die Gesamtfläche beträgt 44.127 km² und stellt 22,5% des Staatsgebietes von Senegal dar.

¹⁰ „Die meisten senegalesischen Muslime sind in Bruderschaften organisiert. Diese religiös-sozialen Vereinigungen haben großen Einfluss sowohl auf die Bevölkerung als auch auf den Staat selbst. Sie nehmen bis heute eine wichtige politische und ökonomische Rolle ein.“ Gajdos, M., 2003: Schriftlicher Projektbericht.

¹¹ „Die Landwirtschaft (inklusive Viehzucht) trug 1998 mit 18,9% zum Bruttoinlandsprodukt bei, wobei zwei Drittel der aktiven Bevölkerung in diesem Sektor beschäftigt sind.“ Länderinformation der Bundeswirtschaftskammer 20. 10. 00

¹² Quelle: The World Factbook. www.cia.gov/cia/publications/factbook

¹³ www.auswaertiges-amt.de

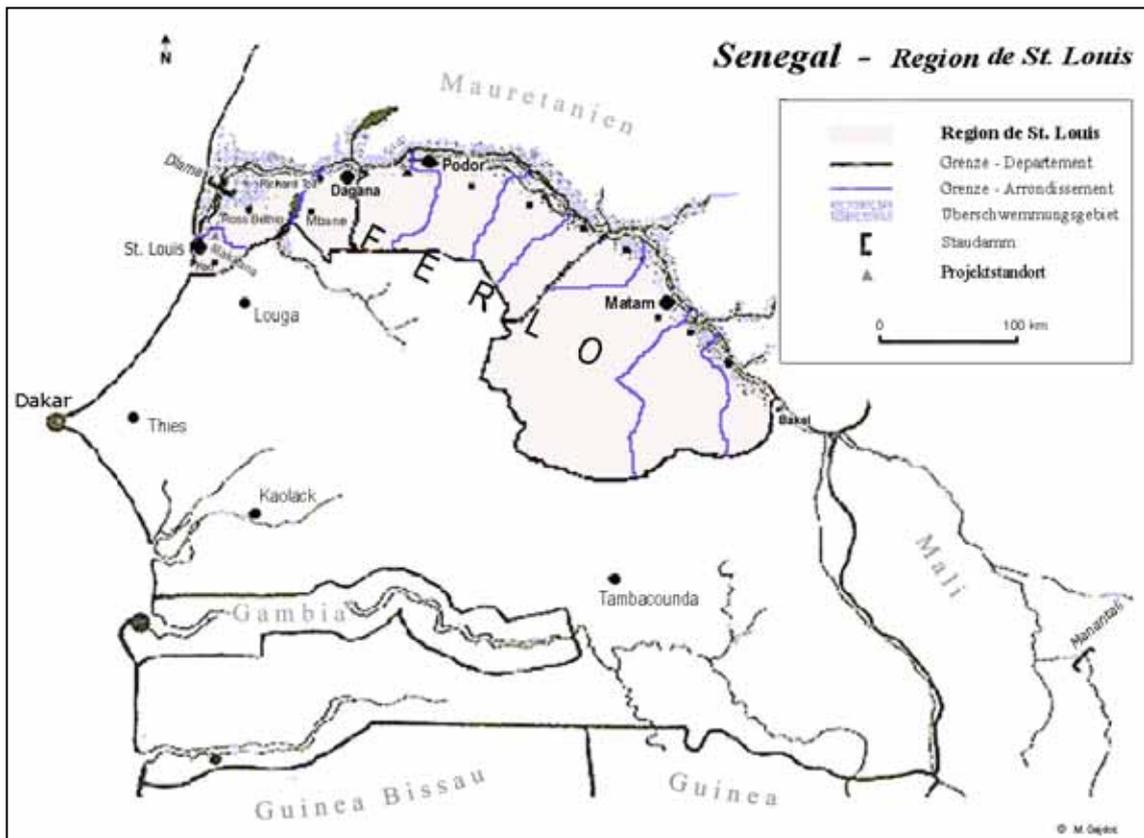


Abb. 11: Région de Saint-Louis (Quelle: M. Gajdos)

Die *Région de Saint-Louis* liegt in der Sahelzone und umfasst Gebiete des fruchtbaren Senegalflusstales und Teile der Ferlo-Halbwüste. Das senegalesische Flusstal ist von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen besiedelt. Im Delta und im unteren Bereich, von St. Louis bis Dagana, leben vor allem Wolof, die traditionellerweise Ackerbau und Fischerei betreiben. Im mittleren Flusstal sind die Tukuleur die stärkste Bevölkerungsgruppe. Das Gebiet der Tukuleur beheimatete einst das mächtige Königreich des Fuuta Tooro, eines der bedeutendsten islamischen Staaten Westafrikas. Im oberen Flusstal sind mehrheitlich Sarakhole anzutreffen, welche wiederum vom Ackerbau leben. Mauren leben hauptsächlich als Nomaden, viele Fulbe, traditionellerweise ebenfalls Nomaden, verbinden die Tierzucht heute mit dem Ackerbau. Die nomadisierenden Fulbe sind im Ferlo am zahlreichsten. Serer ganz im Westen sind meist ausschließlich Fischer. Viele Bambara, aus Mali kommende Bauern, ergänzen die ethnische Vielfalt.

Drei Departements, Dagana, Podor und Matam, mit dem Präfekten an der Spitze sind in Arrondissements (Unter-Präfektoren) aufgeteilt. Jedes dieser Arrondissements hat zwei *Communautés Rurales* („Landgemeinden“), welche mehrere Dörfer zusammenfassen. Dem *président du conseil rurale* unterstehen die einzelnen *conseils ruraux* („Gemeinderäte“). Im Gegensatz zu den Präfekten und Unter-Präfekten, welche ernannt sind, werden die *conseils ruraux* direkt vom Volk gewählt. Durch das Gesetz der Dezentralisierung von 1996 ist den Landgemeinden stärkere Autonomie zugesprochen.“¹⁴

¹⁴ Gajdos, M., 2002: Schriftlicher Projektbericht

1.2. Wirtschaftliche Situation in der Region St. Louis

Im Norden Senegals werden im Flusstal überwiegend Gemüse, Reis und Zuckerrohr angebaut. Diese verhältnismäßig günstigen Standorte werden von den großen Agroindustrien bewirtschaftet.

„1965 wurde die *Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta* (SAED) gegründet¹⁵, welche die Organisationen *Organisation autonome du Delta* (OAD) und die *Organisation Autonome de la Vallée* (OAV) ersetzte und die Aufgabe hat, den Reisanbau durch das Anlegen von Reisperimeter und den dazu notwendigen Anlagen wie Dämme, Kanäle und Pisten zu fördern. Ihr Ziel war es, innerhalb von 10 Jahren 30.000 ha Bewässerungsfläche anzulegen und darauf 60.000 Tonnen Reis zu produzieren, um damit zur Verringerung des Nahrungsmitteldefizits des Landes beizutragen. Allerdings nur mit wenig Erfolg:

Die ursprünglich großen staatlichen Perimeter waren mit relativ hohen Erschließungskosten, dafür aber auch mit vergleichsweise hohen Erträgen (4 Tonnen pro Hektar) verbunden. Als ab den 70er Jahren dörfliche Perimeter *Périmètres Irrigués Villageois* (PIV) die schwerfällig funktionierenden großen Perimeter ablösten, war es den Bauern möglich zu partizipieren. Viele sind damals vom Überflutungsfeldbau auf den Bewässerungsfeldbau umgestiegen. Ein PIV, zwischen 15 und 25 ha groß, war mit einer Motorpumpe ausgerüstet oder ans Bewässerungsnetz angeschlossen. Geringere Erschließungskosten, Eigenverantwortung und große Beteiligung der Bauern sowie hohe Erträge und Selbstverwaltung charakterisieren diese Perimeter. Dennoch gingen die Bauern in regenreichen Jahren wieder zum traditionellen Anbau zurück; hohe Unterhaltskosten, mühsame und eintönige Arbeiten sowie die unsichere Ernährungsbasis bei einseitigem Reisanbau dürften die Ursachen dafür gewesen sein.

Die staatliche Unterstützung nahm über die Jahre hinweg sukzessive ab, die Kosten für die Produktionsfaktoren (Dünger, Wasserkosten, etc.) sind folglich gestiegen und führten die Bauern in die Verschuldung. Als ab 1978/79 von der SAED mittelgroße Perimeter angelegt wurden, war das Ziel durch Mechanisierung sowie Senkung der Investitionskosten, durch einen zweimaligen Anbau pro Jahr und größere Flächen für den einzelnen Bauern deren Probleme zu verringern.

Der Staat sah sich in den 80er Jahren aber selbst mit größeren Problemen konfrontiert. Aufgrund der Strukturanpassungsprogramme, Forderungen der Weltbank, die viel zu hohen und explodierenden Investitionen für die beiden riesigen Staudämme Diama und Manantali (inklusive der Kreditverpflichtungen) entschied der Staat, dass es sinnvoller sei das Agro-Business zu fördern. Die Kleinbauern blieben auf der Strecke. (HAMMER 1997). Die neue Agrarpolitik, die *Nouvelle Politique Agricole* (NPA), schränkt die Aktivitäten der SAED nochmals ein. Eine Kreditvergabe erfolgt seither nach rein ökonomischen Kriterien und zwar direkt über die Caisse Nationale de *Crédit Agricole du*

¹⁵ Seit 1975: „Société nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve Sénégal et de la Falémé “

Sénégal (CNCAS) an die seit 1984 zugelassene *Groupement d'Interêt Economique* (GIE). Eine GIE ist eine wirtschaftliche Interessensgruppe, welche Aktivitäten bereits existierender Unternehmen aufgreift oder wirtschaftlich tätige Gruppen zusammen führt. Durch eine unkomplizierte administrative Prozedur (Eintrag im Handelsregister durch Einzelpersonen) stieg die Zahl der neugegründeten GIE's sehr schnell an. Dies kam den Reisbauern zugute, die Kredite benötigen, um die mit dem Rückzug des Staates verbundenen höheren Ausgaben tätigen zu können. Weiter steigende Wasserbeiträge, Engpässe in der Versorgung mit Saatgut, Dünger, Pestiziden und mechanischem Material sowie Kommerzialisierungsunsicherheiten haben – laut HAMMER 1997 – die Situation dann nochmals verschärft.

Das Flusstal zwischen Richard Toll und Bakel lässt sich in zwei große Nutzungszonen unterteilen: In *Walo*, wo traditionellerweise Überflutungsfeldbau betrieben wird, und in den *Dieri*, wo Regenfeldbau stattfindet.

Der Dieri wird aber vor allem zur traditionellen Wanderweidewirtschaft genutzt. Je nach Niederschlagssituation verbringen die Viehzüchter die Regenzeit weiter südlich. Nach guten Regenjahren können sie länger dort verweilen. In der Trockenzeit gehen sie (nördlich) hinunter ins Senegalflusstal, um die Überreste des Kulturanbaus sowie die dortigen Wasserquellen zu nutzen. Diese Nutzungsräume stehen in enger wirtschaftlicher und soziokultureller Beziehung zueinander. Im Flusstal ergibt sich daraus ein Nebeneinander von Ackerbau, Viehzucht und Fischerei. In der Regenzeit wird im Dieri und in der Trockenzeit im Walo angebaut.

Das Flussdelta erstreckt sich bis Richard Toll, von der Küste bis 80 km ins Landesinnere (und ist somit fast flächengleich mit dem Departement Dagana), und konnte bis zur Fertigstellung des Diama-Staudammes im Jahre 1985 kaum landwirtschaftlich genutzt werden, da das Meerwasser bei Rückgang des Flusswassers nach der Regenzeit bis 200 km flussaufwärts drang und die Böden versalzte und somit deren Fruchtbarkeit stark einschränkte.

4,1% der Senegalesen leben in diesem Delta. Von diesen 350.000 Personen¹⁶ sind 150.000 in St. Louis, 40.000 in Richard Toll, 20.000 in Dagana und 130.000 sind im restlichen Gebiet anzutreffen.

Landwirtschaftliche Industrien im Senegalflusstal

Über das gesamte Senegalflusstal hinweg gibt es vier Betriebe agroindustrieller Nutzung:

1. Die *Compagnie Sucrière Sénégalaise* (CSS) in Richard Toll¹⁷, welche seit 1971 die Flächen der früheren Reisfelder übernahm: Der Anfang der intensiven Nutzung begann 1947 mit den 6.000 ha. Dieser stark mechanisierte Reisanbau, zunächst vor allem von kolonialen Bauern bearbeitet, arbeitete nicht rentabel. Als private Gesellschaft mit ausländischem Kapital übernimmt die *Compagnie Sucrière Sénégalaise* diese Flächen und betreibt heute als einziger Betrieb im

¹⁶ Angaben basieren auf einer OECD-Statistik von 1995

¹⁷ Der Name geht einerseits auf einen französischen Gärtner namens *Richard* zurück, der 1820 einen bewässerten Gemüsegarten anlegte und dabei ein Dorf gründete, andererseits auf das Wort für Garten in der Wolofsprache *toll*.

gesamten Senegal den großbetrieblichen Anbau.¹⁸ Die CSS hat vom Staat 7300 Hektar für 99 Jahre zur Nutzung erhalten, dazu Steuererleichterungen. Sie erhält 30.000 m³ Wasser pro Hektar und Jahr für die Bewässerung gratis und hat das Zuckermonopol am nationalen Markt garantiert.¹⁹ 12.000 Tonnen Zucker werden pro Jahr produziert. Der Staat subventioniert damit indirekt hauptsächlich die städtischen Konsumenten, da die Getränkeindustrie der Hauptabnehmer ist. Richard Toll selbst zählte 1947 nur 1000 Einwohner und war 1995 bereits auf über 40000 Menschen angewachsen. Diese Zuckerindustrie bildet die Existenzbasis der gesamten Stadt und bietet vielen weiteren aus der Umgebung einen Arbeitsplatz; die Beschäftigungszahl liegt bei 7000 Arbeitern (3000 davon Saisoniers), allerdings zum großen Teil Hilfsarbeiter.

2. Die *Société de Conserverie Alimentaire du Sénégal (SOCAS)* produziert in Savoigne (Arrondissement von Ross Bethio) und verarbeitet hauptsächlich Tomaten, Bohnen und Erdäpfel mit modernsten Maschinen. 600 Angestellte, viele davon Saisonangestellte, verdienen damit ihren Lebensunterhalt.

3. Die *Société Nationale des Tomates Industrielles (SNTI)* produziert in Dagana Toamtenmark.

Die SOCAS und die SNTI decken gemeinsam 30% der nationalen Nachfrage.²⁰

4. Die *Grand Domaine du Senegal (GDS)*, eine spanisch-französische Privatfirma, errichtete 2003 eine weitere große Produktionsstätte in der Nähe von St. Louis bzw. in unmittelbarer Nähe von Mbakhana vorerst nur für Exporttomaten. Eine Fläche von mehreren Hektar wurde mit „Zelten“ überdacht und im Inneren vollautomatische Bewässerungs- und Düngeanlagen installiert. Die Tomaten werden in den Wintermonaten auf dem europäischen Markt verkauft, stehen somit nicht in direkter Konkurrenz zu den lokalen Produzenten.

¹⁸ Hammer, Th., 1995

¹⁹ Adams, A., 2000

²⁰ Gajdos, M., 2003: Unveröffentlichter Projektbericht



Abb. 12: Satellitenbild der „Tomatenzelle“ – Produktionsstätten der GDS. (Quelle: google earth)

Ein Großteil der Kleinstbauern, deren Anbauflächen etwas abseits vom Fluss liegen, produziert für die Agroindustrien, vor allem für die *Société de Conserverie Alimentaire du Sénégal (SOCAS)*. Die Bauern erhalten das Saatgut direkt von der SOCAS und produzieren in der Folge ausschließlich Tomaten. Sie erhalten jedoch keinerlei Abnahmegarantie für ihre Ernten. Andere Abnehmer gibt es in der Regel nicht am Markt und die lokalen Märkte sind zu den entsprechenden Zeiten mit Tomaten überschwemmt.

Die Folge ist, dass diese Kleinstbauern nach einer Anbauperiode häufig ohne Einkommen sind, weil sie für ihr produziertes Gemüse keine Käufer finden.

1.3. Klima

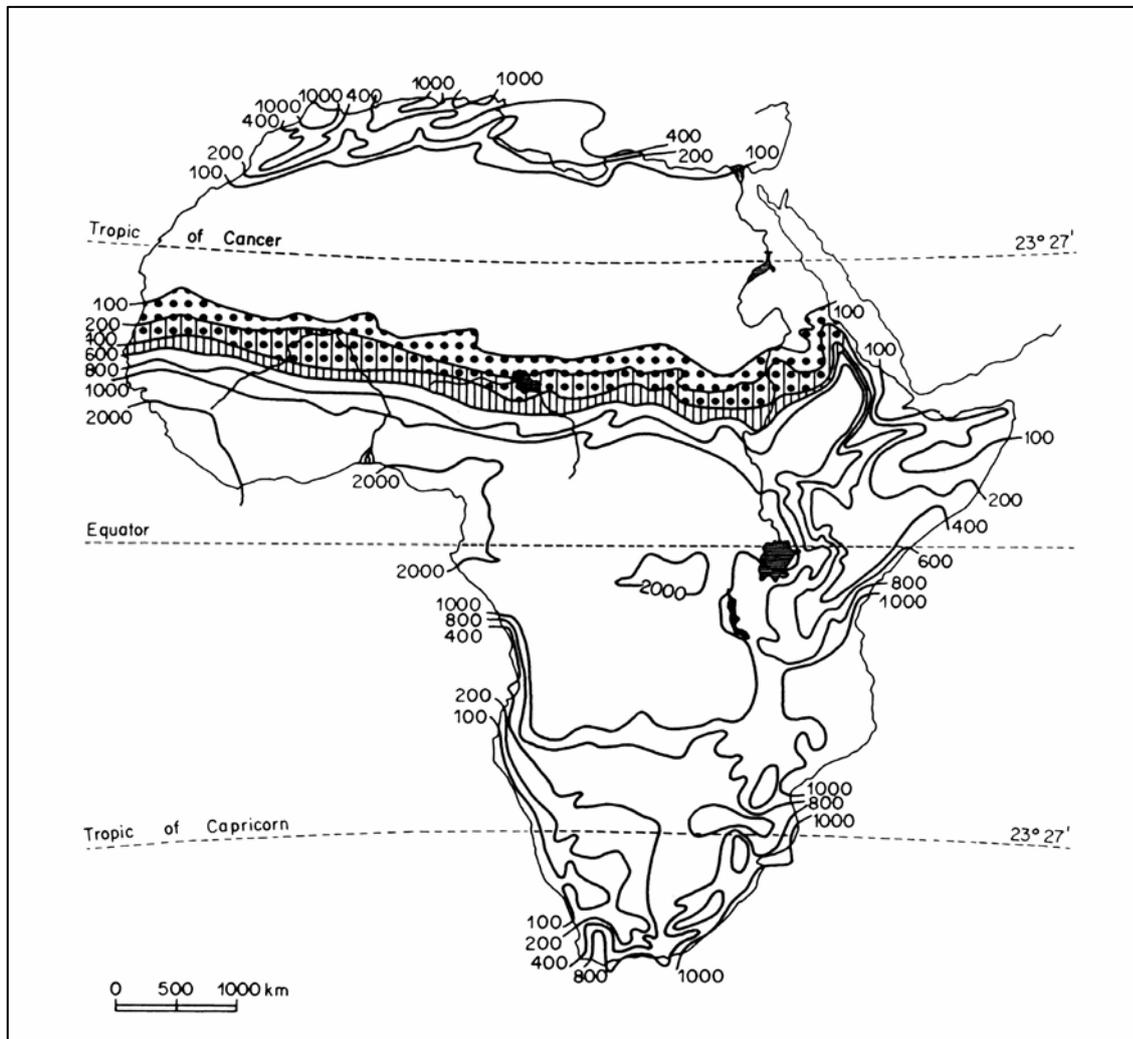


Abb. 13: Niederschlagskarte – Sahel (Quelle: Le Houérou, 1989)

Senegal kann in fünf Klimazonen unterteilt werden, die sich aus den unterschiedlichen jährlichen Niederschlagsmengen (im Süden etwa 900 mm, im Norden etwa 200 mm) ergeben. Klimatisch ist der nördliche Sahel geprägt von der langen Trockenzeit, die zwischen 8–10 Monate dauert und von einer geringen, unregelmäßigen Jahresniederschlagsrate. Er zieht sich von der 150 mm Regengrenze im Norden bis zu jener von 300 mm im Süden. Der Variationskoeffizient bzgl. der Niederschläge liegt am Südrand der Sahara bei 80%, im angrenzenden nördlichen Sahel noch bei 45%.²¹

In dieser ariden (bis semi-ariden) Zone herrscht ein Steppen- bis Wüstenklima vor. Hohe Sonneneinstrahlung und hohe Jahresmittelwerte hinsichtlich der Temperatur (30°C) sind ebenfalls charakteristisch. Das jährliche Mittel für die Evaporationsrate liegt zwischen 3000-4000 mm²².

²¹ s. Le Houérou, 1989

²² s. Monod, Th., 1986: 208

Die Regenzeit beginnt im Juli mit durchschnittlichen Temperaturen von 40°C und dauert bis Oktober. „Nach Beginn der Regenzeit tritt der Senegalfluss von Juli bis Oktober über seine Ufer. Auf senegalesischer Seite können die Überschwemmungsgebiete bis zu 20 km Breite erreichen. Von November bis Februar ziehen sich die Wasser dann wieder in das eigentliche Flussbett zurück.“²³

Die trockene, kühle Saison folgt mit 3-4 Monaten. Die Winde haben in der Trockenzeit eine Nordost-Richtung (trockene Passatwinde), erst während der Regenmonate drehen sie sich von West- nach Südwest.²⁴

Während der heißen Trockenzeit macht der Harmattan, ein heißer Wind aus der Sahara, der feinen Sandstaub mitbringt, die Gemüseproduktion nahezu unmöglich.

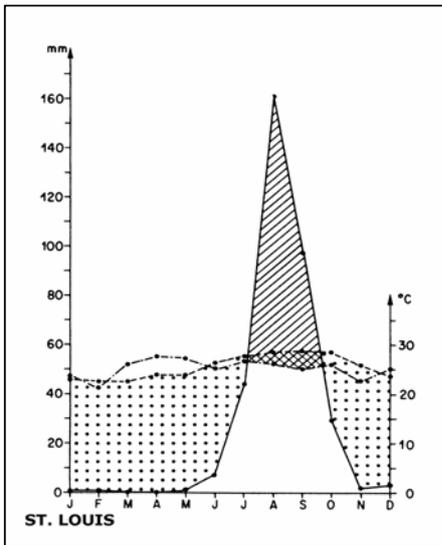
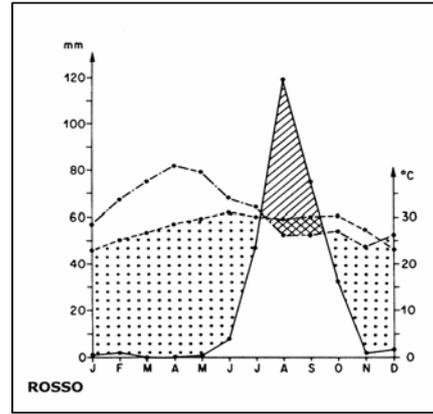
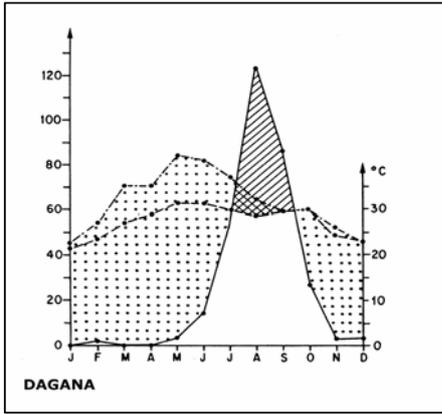


Abb. 14: Auberginenbeet in Ourourbe zur Zeit des Harmattan. (R. Jaudas)

²³ Gajdos, M., 2003: Schriftlicher Projektbericht

²⁴ s. Monod, Th., 1986: 211

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer



In Rosso (Mauretanie) beträgt die Regenzeit (schraffiert) 69 Tage, in Dagana und St. Louis sind es 75 Tage. Die Trockenzeit dauert in Rosso 296 Tage und in den beiden anderen Orten 290 Tage. Die günstigste Anbauzeit ist in dieser Region daher nur sehr kurz.

Abb. 15: Klimadiagramme aus dem Untersuchungsgebiet (Quelle: Le Houérou, 1989)

Wie in Tab. 13 zu sehen ist, liegen die Niederschläge in St. Louis überwiegend über jenen von Richard Toll, das bereits mehr als 80 km landeinwärts liegt.

Jahr	Niederschlag in mm	
	Richard Toll	St. Louis
1991	216	173,5
1992	217	-
1993	-	213,4
1994	237	277,9
1995	189	267,5
1996	262	99,7
1997	92,4	167,3
1998	229	271,4
1999	247,4	330,9
2000	358,5	446,3
2001	317,8	282,3
2002	162,8	228,1
2003	260,7	353,3
2004	220,5	130,5
2005	391,9	278,6

Tab. 13: Niederschlagswerte²⁵

²⁵ Quelle: CSS (Richard Toll)

Die Maximaltemperaturen liegen im Untersuchungsgebiet bei 44 °C, die Minimaltemperatur bei etwa 10 °C.²⁶

1.4. Boden²⁷

Im Untersuchungsgebiet dominieren Sandböden. Der Sand weist in 30 cm Tiefe eine Korngrößenfraktion von <2000 µm bis 63 µm (84% bzw. 95%) auf. Der Tonanteil liegt in Mbakhana bei 2% und in Ourourbe bei 7% (Korngröße <2 µm). Der Schluff weist eine Korngröße von <63 µm bis 2 µm auf (bei einem Anteil von 3% in Mbakhana und 7% in Ourourbe).²⁸

Prägend sind vor allem in Mbakhana die mobilen sowie fossilen Dünen.²⁹

Die Böden haben vielfach eine geringe Wasserhaltekapazität, geringe Austauschkapazitäten³⁰ (Kationenaustauschkapazität) und einen geringen Humusgehalt.

Die Bodenuntersuchungen zeigen zudem, dass der Boden überaus arm an Nährstoffen ist.³¹

Zu einer weiteren Verschlechterung der Böden trägt die Erosion bei, die vor allem durch Wind, fallweise aber auch durch Regenfälle, die nicht in den verkrusteten Boden eindringen können, verursacht wird.

Diese Faktoren erschweren allgemein eine landwirtschaftliche Nutzung.

1.5. Ökologische Situation und Vegetation im Untersuchungsgebiet

In der gesamten Sahelzone gehen aufgrund einer fortschreitenden Desertifikation Jahr für Jahr landwirtschaftliche Nutzflächen verloren.

Der Desertifikationsprozess ist ein existenzbedrohender Faktor für die Bevölkerung und stellt in vielen Fällen auch ein Konfliktpotential zwischen den einzelnen Ländern dar, wie beispielsweise zwischen Mauretanien und Senegal.

Für das Untersuchungsgebiet, im Besonderen für Ourourbe und seine Umgebung gilt, dass intensive Beweidung und Winderosion den Desertifikationsprozess rapide fortschreiten lassen. Nicht nur die Einschränkung der Weiderechte etwa durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung ehemaliger Weidegebiete, sondern auch der Bau von Brunnen in den letzten

²⁶ Quelle: CSS (Richard Toll)

²⁷ s. dazu auch "Kapitel I"

²⁸ Alle Untersuchungen nach ÖNORM L 1061-2. Durchgeführt wurden sie von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES).

²⁹ dazu Pieri, Ch., 1992: 24

³⁰ Als Austauschkapazität wird die Fähigkeit von Böden, Nährstoffe sorptiv zu speichern, bezeichnet.

³¹ s. dazu auch Pieri, Ch., J. M., G., 1992

Jahrzehnten hat die Transhumanz eingeschränkt³² und damit auch die Beweidungsintensität für das Gebiet erhöht.

Der Desertifikationsprozess drückt sich u.a. in einer geringen Verjüngungsrate bei Gehölzen, in einer Abnahme der Phytodiversität und im dominanten Vorkommen von *Calotropis procera* aus.

Diese Holzpflanze wird aufgrund ihrer Giftigkeit³³ von den meisten Tieren gemieden. Lediglich Ziegen fressen die Blätter und Früchte. Verwendung findet sie hingegen als Bauholz für die Hütten und als Feuerholz. Dies hat den Vorteil, dass die wenigen Akazien (*Acacia* spp.) und *Balanites aegyptiaca* Individuen, die noch vorhanden sind, nicht weiter abgeholzt werden. Das dominante Vorkommen von *Calotropis procera* bedeutet aber auch, dass sie vielfach jene Standorte besetzt, die für eine Etablierung anderer Arten günstig wären.



³² s. dazu auch Le Houérou, 1989

³³ Der Milchsaft dieser Pflanze enthält Calotropin, ein Glukosid, welches eine ähnliche Wirkung wie Digitalin zeigt. Zusätzlich wurden in Analysen noch weitere Inhaltsstoffe festgestellt, die eine ähnliche Wirkung haben. S. dazu v. Maydell, H.-J., 1992



Abb. 16 und 17: Degradierete Standorte in der Umgebung von Ourourbe. (J. Reichmayr)

Die Vegetation im Untersuchungsgebiet wird in der Regel als Dornbuschsavanne oder Steppe bezeichnet. Auf weniger beweideten Standorten findet sich noch eine Vergesellschaftung von *Combretaceen*, *Capparidaceen* und *Mimosaceen*. Dominierend ist jedoch eine *Calotropis procera-Balanites aegyptiaca*-Gesellschaft.



Abb. 18: Standort mit *Acacia* spp. im Ferlo (mäßige Beweidung). 25 km südlich von Ourourbe. (Zwiauer)



Abb. 19: *Boscia* sp. auf einem Standort mit vergleichsweise mäßiger Beweidung in Yelour. (J. Reichmayr)



Abb. 20: Vegetation um Mbakhana mit *Combretum* spp., *Acacia* spp., *Boscia* spp. und *Prosopis* spp. (Zwiauer)

Insgesamt ist in Mbakhana eine größere Phytodiversität gegeben. Zum einen liegt es daran, dass dieses Gebiet durch die Nähe zur Küste klimatisch begünstigter ist, zum anderen die Beweidung um ein Vielfaches geringer ist.

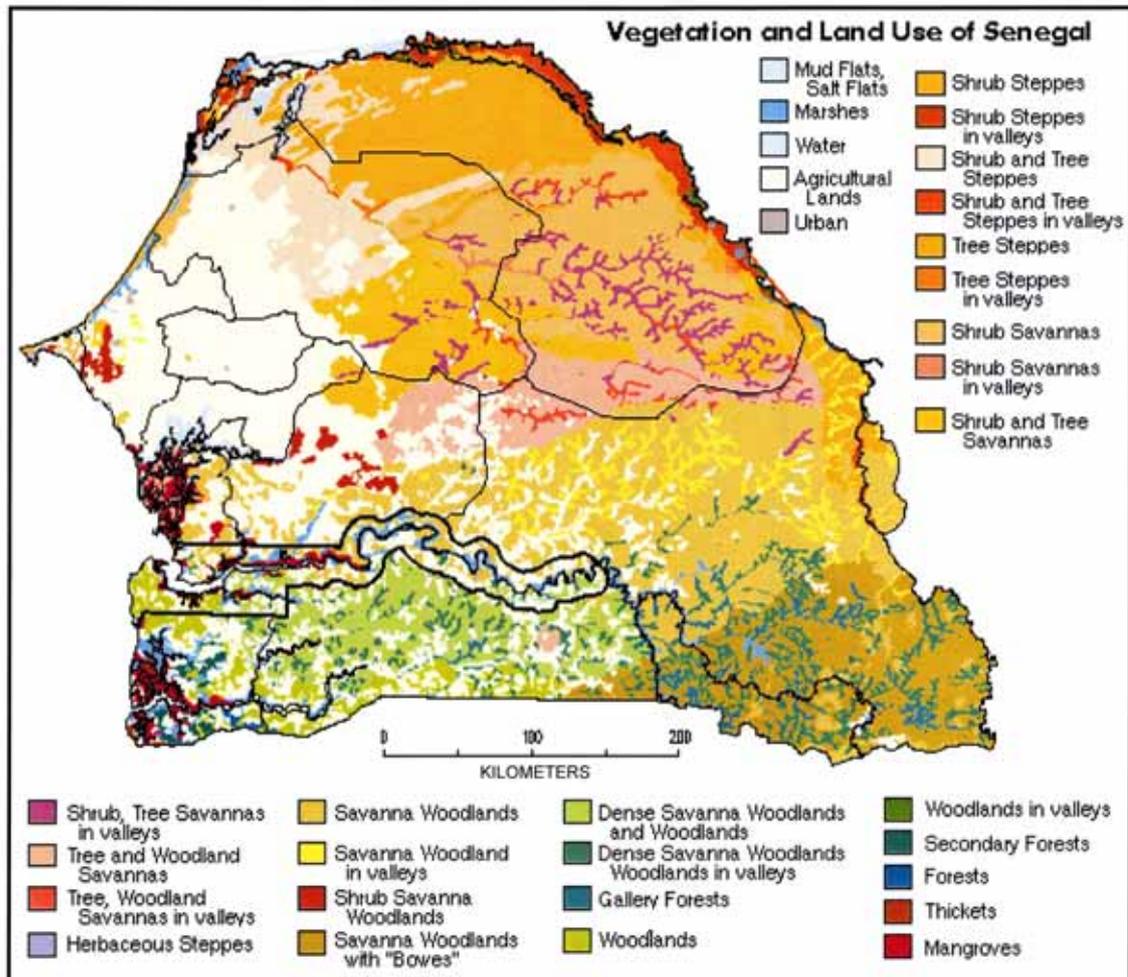


Abb. 21: Vegetations- und Landnutzungskarte Senegal (Quelle: <http://edcintl.cr.usgs.gov/senegal2/sites.html>)³⁴

Wichtigste Vertreter der Holzflora sind: *Acacia senegal*, *Acacia tortilis*, *Acacia seyal*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Balanites aegyptiaca*, *Capparis decidua*. *Adansonia digitata* hingegen hat hier seine nördlichste Verbreitungsgrenze erreicht und kommt nur noch vereinzelt vor.

Vertreter der annuellen Flora sind u.a. *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, *Schoenfeldia gracilis*.

Akazien, die sowohl zu einer Bodenverbesserung führen würden, als auch Futterlieferanten wären, sind in der näheren Umgebung von Ourourbe nur noch selten als großgewachsene Individuen zu finden. Jungpflanzen sind einem starken Verbiss ausgesetzt und dementsprechend gering ist ihre Vitalität.

Von *Salvadora persica* sind nur noch wenige Individuen verblieben. Eine Verjüngung konnte nicht mehr festgestellt werden.

Combretum spp. und *Boscia senegalensis* ebenfalls Teil der indigenen Flora, fehlen in der näheren Umgebung von Ourourbe gänzlich.

Der Verlust an Bäumen bedeutet u.a. auch, dass die positiven Effekte auf das Mikroklima, wie Verminderung der Windbelastung verloren gehen. Bei einer

³⁴ United States Agency for International Development (USAID)

agroforstlichen Nutzung sind das Absenken der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung im beschatteten Bereich relevante Faktoren sowie eine bessere Wasserversorgung außerhalb der heißen Trockenzeit.³⁵



Abb. 22: *Salvadora persica* (Zwiauer)

Die drastische Reduktion der an sich geringen Artenvielfalt bedeutet aber auch, dass sich die Futtersituation für die Rinder verschlechtert. Vielfach bleiben nur jene Arten erhalten, die keinen hohen Nährwert besitzen.

Die Möglichkeit den Beginn einer Vegetationsentwicklung, wenn auch in begrenztem Ausmaß, zu beobachten, bot die seit 2002 eingezäunte Versuchsfläche in Ourourbe, in jenen Bereichen, die nicht genutzt wurden.

Es etablierten sich jene Arten, die in unmittelbarer Umgebung vorkommen, mit Ausnahme von *Salvadora persica*. Obgleich ein Individuum in unmittelbarer Umgebung wächst.

Als besonders konkurrenzfähig ist hingegen *Acacia senegal* zu bezeichnen, unter anderem auch aufgrund ihrer vergleichsweise hohen jährlichen Zuwachsraten.

Untersuchungen³⁶ haben gezeigt, dass *A. senegalensis* auch eine hohe Keimungsrate aufweist und innerhalb kurzer Zeit auskeimt. Die Samen keimen auch unbehandelt innerhalb von drei Wochen aus.

Die Tatsache, dass andere Arten nicht keimten bzw. sich etablierten, kann seine Ursache auch darin haben, dass der Abstand zu den nächsten fruchtenden Exemplaren zu groß ist oder auch eine Tierverbreitung notwendig ist um die Samenruhe zu brechen.

³⁵ s. Grouzis, M., Akpo, L.-E., 1997

³⁶ Argaw, M., Teketay, D., Olsson, M., 1999

Bemerkenswert ist, dass jene Akazien, die auf der Fläche spontan keimten, deutlich höhere jährliche Zuwachsraten aufweisen, als die im Rahmen der Feldversuche gepflanzten, die in der Gärtnerei der CARAMW gezogen wurden.

Möglicherweise trägt die frühe Adaptierung an den Standort entscheidend zur Konkurrenzfähigkeit bei.

Die spontane Etablierung bei Bäumen auf der Versuchsfläche wurde von den Viehzüchtern überaus positiv bewertet. In Gesprächen zeigte sich, dass bei den Älteren das Wissen über die ursprüngliche Vegetation noch vorhanden ist.

Viele der Jüngeren hingegen erkennen einen Großteil der Pflanzen nicht mehr, vor allem dann wenn sie nicht mit den Viehherden in die südlicheren Gebiete Senegals ziehen, in denen die Artenvielfalt eine größere ist.

In Gesprächen wurde vielfach der Wunsch nach einer „Aufforstung“ mit sahelischen Gehölzen geäußert. Aufgrund der geringen jährlichen Wachstumsraten werden diese bei Aufforstungen jedoch kaum verwendet.

2. Zielsetzungen und Fragestellungen

Eine landwirtschaftliche Produktion ist aufgrund der ökologischen Situation im nördlichen Sahel schwierig und mit hohen Risiken (Ausfälle durch Schädlinge, Trockenheit verursacht durch Wassermangel etc.) verbunden. Die Böden erschweren aufgrund ihres geringen Humusgehalts und ihrer äußerst geringen Mengen an verfügbarem Stickstoff, Phosphor und anderen Nährstoffen, eine landwirtschaftliche Nutzung.

Regenfeldbau ist nur sehr eingeschränkt bzw. nicht möglich. Eine intensive Bewässerung (sofern überhaupt möglich) wiederum birgt langfristig die Gefahr in sich, dass fossile Grundwasserreserven erschöpft werden bzw. eine sekundäre Salinität der Böden eintritt.

Oberziel dieser Forschungsarbeit war die Entwicklung von Lösungsansätzen (gemeinsam mit den Zielgruppen) zur nachhaltigen Ressourcennutzung in der landwirtschaftlichen Produktion, unter Berücksichtigung der ökonomischen Notwendigkeiten (Produktivitätssteigerungen im Gemüsebau), der ökologischen Gegebenheiten und der sozio-kulturellen Bedingungen.

Zu Beginn der Forschungsarbeit waren Zielgruppen sowie Vertreter der NGO's lediglich an Wassereinsparungen mit Hilfe der Silikatechnologie interessiert. Düngung war als Produktionsfaktor nicht präsent bzw. unterbewertet.

Primäres Projektziel war eine Optimierung der Anwendung der Silikatechnologie, zum einen um im Bewässerungsfeldbau auf Extremstandorten Ertragssteigerungen zu erzielen, auch bei einer Reduktion der täglichen Bewässerungsmengen, zum anderen um bei einer Bewässerung von Kulturpflanzen mit salzbelastetem Wasser Ertragseinbußen zu verhindern.

Die Vorgabe lautete, mit kleinsten Mengen SP und einem geringen Wasserverbrauch eine Ertragssteigerung zu erzielen.

Daraus resultierten folgende Hauptfragenkomplexe:

- Inwieweit kann SPS die Wasser- Ertrags-Relation positiv beeinflussen
- Können prognostizierte Ertragseinbußen bei Bewässerung mit salzbelastetem Wasser verhindert werden
- Wie wirkt sich das wasserspeichernde Substrat in Abhängigkeit von Gießwassermengen und Düngemittelverbrauch auf den Ertrag aus

Zusätzliche Detailfragen waren:

- Für welche Anwendungen (Direktsaat, Setzlinge, Gemüse-/Obstbau, Aufforstungen etc.) kommt SPS in Frage
- Können mittels SPS sogenannte Schutzstellen geschaffen werden, d. h. Orte an denen vermehrt Pflanzen der indigenen Flora auskeimen und sich etablieren
- Sind Herstellung und Anwendung (Einbringungsmodus) praktikabel
- Kann SPS das schnellere Überwinden von sogenannten "posttransplant effects" ermöglichen, das heißt ein besseres Anwachsen und damit höhere Überlebensraten der Pflanzen (Kostensparnis) gewährleisten
- Welche Anbautechniken können bzw. sollten mit der Anwendung der Silikatechnologie kombiniert werden

Sozialwissenschaftliche Fragestellungen waren:

- Lässt sich Gemüseanbau und die Anwendung der Technologie in die Arbeitsorganisation von Viehzüchtern integrieren
- Wie muss ein Familiengarten konzipiert sein, damit er auf Akzeptanz stößt
- welchen Einfluss hat die Modifizierung traditioneller Nutzungssysteme auf die soziale und wirtschaftliche Entwicklung
- Wie muss Wissenstransfer gestaltet sein, damit ein Multiplikatoreffekt eintritt
- Stößt die Anwendung auf Akzeptanz bei den Zielgruppen

Einzelne Fragestellungen und auch die Art der Einbindung der Gruppen wurden zu Beginn nicht im Detail festgelegt, um die Einflussmöglichkeiten der in das Projekt integrierten Gruppen, Einbeziehung neuer Themen, etc. nicht zu verhindern.

Die Weiterentwicklung bzw. Ausweitung der Fragestellungen ergab sich folglich einerseits aus den jeweils erzielten Resultaten und zum anderen durch die transdisziplinäre Forschungssituation.

3. Material und Methode

3.1. Wissenschaftlicher Ansatz

Wie bereits oben ausgeführt, war zu Beginn der Forschungsarbeit einer der beiden zentralen Punkte des Optimierungsverfahrens die Untersuchung

inwieweit die Wasserverbrauch-Ertrags-Relation durch den Einsatz des SPS in schwierigen Anbausituationen positiv beeinflusst werden kann.

Wir gingen davon aus, dass weder eine starke Reduktion der Gießintervalle noch der zugeführten Wassermenge zielführend ist, denn dies bedeutet für die Pflanzen einen Wechsel zwischen sehr guter Wasserversorgung und Trockenstress, da die Pflanzen, sobald Wasser zur Verfügung steht, mit diesem unökonomisch umgehen.³⁷ Trockenstress führt aber erfahrungsgemäß zu einer verminderten Entwicklung und Ertragsbildung der Pflanzen, wobei viele Pflanzen besonders in der generativen Phase stärker trockenheitsempfindlich sind.

Die Gießintervalle und die Wassermenge wurden daher so gewählt, dass eine optimale Nutzung der Eigenschaften des silikatischen Pflanzensubstrat erreicht wird, nämlich ein gleichmäßig durchfeuchteter (zeitlich betrachtet) bis maximal mäßig trockener Boden, auch wenn die Zugabe von Wasser unterhalb der täglichen Standardgießmenge liegt. Dieser Gießmodus wurde mit einer möglichst schonenden Gießtechnik, regelmäßiger Bodenlockerung und Windschutz verbunden.

Ein vergleichsweise guter Durchfeuchtungsgrad des Bodens wurde auch deshalb als Vorteil gesehen, weil dieser zu einer besseren Nährstoffversorgung führt.

Die Verfügbarkeit der Nährstoffe wird maßgeblich vom Wassergehalt des Bodens, dem Wurzelwachstum und der Mikroorganismen-tätigkeit beeinflusst. Bei Trockenheit, also Bodenaustrocknung, hingegen können Nährstoffmangelsymptome auftreten, die nicht durch Düngung zu beheben sind, wenn eine unzureichende Durchfeuchtung des Bodens vorliegt.³⁸

Durch das SPS im Boden sollte eine gute Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen aus dem Boden erreicht werden, d. h. eine Steigerung der Erträge durch verbesserte Wasser- und Nährstoffversorgung.

Das SPS sollte jedoch andererseits eine geringe Wasserverknappung, d. h. eine mäßige Bodentrockenheit nicht verhindern, da diese eine Förderung des Wurzelwachstums bewirken kann, wobei die Feindurchwurzelung verstärkt wird.³⁹ Als weiterer Vorteil mäßiger Wasserverknappung wurde auch gesehen, dass damit eine Trockenstresstoleranz erzeugt wird. Dies ist notwendig, „weil Pflanzen, die in ihrer Ontogenese noch keinen [Trockenstress] erfahren haben, diesen nicht verkraften können“.⁴⁰ Mit Trockenstress aber in dieser Region immer gerechnet werden muss.

Der zweite zentrale Punkt: die Verwendung von salzbelastetem Wasser im Gemüsebau, konzentrierte sich auf die Frage inwieweit prognostizierte Ertragseinbußen, mit denen bei einer Bewässerung mit leicht salzbelastetem Wasser zu rechnen ist, durch die Verwendung von SPS verhindert werden können.

³⁷ s. dazu Amberger, A., 1996: 100

³⁸ s. dazu Amberger, A., 1996: 86

³⁹ Brunold, Ch. & al. 1996: 122

⁴⁰ Lösch, 2001:128

Die Bewässerung mit Salzwasser wird bei einem Salzgehalt von weniger als 0,5 g/Liter nicht als Risiko eingestuft. Erst bei 0,5-2 g/Liter besteht ein geringes bis mittleres Risiko, bei mehr als 2 g/Liter besteht ein hohes Risiko. Hinzu kommt, je höher die Konzentration von Natrium, umso höher das Risiko.⁴¹

Eine Bewässerung mit Salzwasser ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich, fast immer muss aber mit gravierenden Ertragseinbußen⁴² und dem Risiko einer sekundären Bodenversalzung gerechnet werden. Die Ertragseinbußen werden u. a. dadurch verursacht, dass die Nutzungseffizienz von Nährstoffen unter dem Einfluss der Salze aus dem Bewässerungswasser abnimmt und ebenso die Wassernutzungseffizienz geringer wird.⁴³ Die Folge sind Pflanzen, die Zeichen von Trockenstress bzw. Unterversorgung von Nährstoffen aufweisen. In der Regel ist auch die Photosyntheseaktivität reduziert unter Salzstress.⁴⁴

Eine Bewässerung im mittleren und hohen Risikobereich ist dennoch unter bestimmten Voraussetzungen möglich. J. D. Rhoades⁴⁵ nennt diesbezüglich etwa eine gute Durchlüftung, die Verwendung salztoleranter Arten, Auswaschung akkumulierter Salze, sukzessive Erhöhung der Bewässerungsmenge bei Anstieg der Salzkonzentration (Wasser oder Boden) und zeitweilige Verwendung von Bewässerungswasser mit besserer Wasserqualität.⁴⁶

Die von Rhoades genannten Bedingungen sind jedoch in der nördlichen Sahelzone nicht immer erfüllbar. Für die Auswaschung akkumulierter Salze bzw. für eine Erhöhung der Bewässerungsmengen steht etwa, so wie auch in Ourourbe, nicht immer genügend Wasser mit besserer Wasserqualität zur Verfügung.

Die Annahme für die in Ourourbe gegebenen Rahmenbedingungen war daher, dass mit Hilfe der Silikattechnologie die täglichen Gießwassermengen reduziert werden können und damit auch geringere Mengen gelöster Salze in den Boden gelangen.

Um die Gefahr einer sekundären Versalzung des Bodens, begünstigt durch das SPS, zu verhindern, wurde als Kompensation für die fehlende Auswaschung akkumulierter Salze die Bewässerung mit salzbelastetem Wasser auf eine Vegetationsperiode beschränkt, d. h. auf den Anbau einer „Zwischenfrucht“ in der darauffolgenden Regenzeit⁴⁷ oder etwas später in der kühlen Trockenzeit verzichtet.

Das Brunnenwasser in Ourourbe weist einen schwankenden Salzgehalt (EC) von 16 bis 20 mS/cm. Das Bewässerungswasser wurde mit dem angelieferten

⁴¹ <http://www.fao.org/docrep/R4082E/r4082e08.htm>

⁴² bei 2,1 g/Liter etwa 25%. s. dazu Baudoin, W. O. & al. (ed.), 1988

⁴³ s. dazu Rhoades, J., D., 1992: 101

⁴⁴ Delfine, S., Alvino, A., 2000

⁴⁵ s. dazu Rhoades, J., D., 1992

⁴⁶ s. dazu Rhoades, J., D., 1992

⁴⁷ In dieser Region wird auch während der Regenzeit bewässert, da die Regenmengen nicht für einen Regenfeldbau ausreichen.

Flusswasser soweit verdünnt, bis ein mehr oder wenig konstanter Salzgehalt zwischen 2,1 und 2,4 g/Liter⁴⁸ gegeben war.

Der SAR⁴⁹ lag bei 26.⁵⁰ Wir mussten daher mit einem massiven Salzstress und in der Folge mit Ertragseinbußen rechnen. Salzstress wird in der Regel unter gemäßigten Bedingungen eher toleriert,⁵¹ die jedoch in Ourourbe keineswegs gegeben sind.

Um den Salzstress zu vermindern, wurden die Kulturen in Versuchsreihe V 1x pro Woche mit Flusswasser bewässert. Vorgesehen war eine Gesamtdauer der Bewässerung mit salzbelastetem Wasser von etwa 180 Tagen.

Von den beiden oben genannten Hauptfragen, ist der Produktionsfaktor „Düngung“ nicht zu trennen, will man relevante Ertragssteigerungen erzielen.

Obgleich er einen der wichtigsten Faktoren darstellt, wird er von den Kleinstbauern meist aufgrund von Geldmangel, aber auch weil Wissensdefizite bestehen, stark vernachlässigt.

Für die lokalen Produzenten ist aber nicht nur die effiziente Wassernutzung, sondern auch die effiziente (und bedarfsgerechte) Anwendung von Mineraldüngern möglichst in Kombination mit organischem Dünger (und Fruchtrotation) unumgänglich, wollen sie zufriedenstellende Ernteergebnisse erzielen und die Böden, die in vielen Fällen bereits unterversorgt sind, weiterhin für eine landwirtschaftliche Nutzung erhalten.

Der Produktionsfaktor „Düngung“ wurde daher in die Feldversuche einbezogen, weil, wie bereits ausgeführt, „zwischen Wasserversorgung und Nährstoffversorgung enge Zusammenhänge bestehen; d. h. je günstiger die Wasserversorgung, um so besser ist auch die Nährstoffanlieferung, oder anders ausgedrückt: hohe Nährstoff-(=Dünger-)mengen können nur bei guter Wasserversorgung ökonomisch verwertet werden.“⁵²

3.2. Versuchsmaterial

Als Versuchspflanzen wählten wir:

1. Gemüsepflanzen⁵³ wie Tomaten, Bittertomaten, Auberginen, Bissap (Nubienblüte, *Hibiscus sabdariffa*)
2. Gewürzpflanze (Chili)
3. Hülsenfrüchte (Bohnen)
4. Getreide (Mais)
5. Holzpflanzen:
 - Obst- und Baumfrüchte (wie Cashew)
 - Mehrzweckbäume (*Moringa oleifera*)
 - Gehölze aus der indigenen Flora (wie *Acacia* spp.)

⁴⁸ Schriftl. Mittlg., H. Hubacek

⁴⁹ Sodium Adsorption Ratio (SAR)

⁵⁰ Schriftl. Mittlg., H. Hubacek

⁵¹ s. Rhoades, J., D., 1992

⁵² Amberger, A., 1996: 86

⁵³ Angaben zu den Varietäten von Technisem Dakar

Verwendet wurden nur Sorten, die für einen Anbau in der Region geeignet sind:

Gemüsepflanzen:

Lycopersicon esculentum Mill. *Solanaceae* (Tomate)

cv. Roma

Diese Sorte wird von der Tomatenmarkfabrik SOCAS gratis ausgegeben. Tomaten haben in der Regel eine 3-monatige Vegetationszeit, die Blüte ist nach ca. 2 Monaten zu erwarten. Die Pflanzen wurden nicht geizt, um die Früchte vor übermäßiger Sonneneinstrahlung zu schützen. Sie wurden jedoch gestützt, um die Datenermittlung zu erleichtern, auch wenn dies üblicherweise nicht gemacht wird.

cv. Mongal F1

Diese Hybridsorte kann sowohl in der kühlen als auch in der heißen Trockenzeit angebaut werden. Sie ist eine reichfruchtende Hybride. Die Früchte sind rund und erreichen etwa ein Gewicht von 100 bis 140 g. Zudem weist sie eine Toleranz gegenüber *Fusarium* sp., TMV, *Pseudomonas* und *Stemphyllium* auf.⁵⁴

cv. Cerise

Diese Sorte gehört zu den sogenannten Cherrytomaten und hat eine durchschnittliche Vegetationszeit von 75 Tagen. Cerise ist gut angepasst an die heiße Trockenzeit. Sie gilt als reich blühend und fruchtend.

Solanum melongena L. *Solanaceae* (Auberginen)

cv F1 Kalenda

Die Sorte ist sowohl an die Bedingungen in der Trockenzone als auch an jene der humiden tropischen Zone angepasst. Sie sollte etwa 5 Wochen in der Pflanzschule bleiben, bevor sie ausgepflanzt wird.

Die Früchte sind schwarz, glänzend, länglich und erreichen ein mittleres Gewicht von 250 bis 350 g. Die erste Ernte ist etwa nach 60 bis 80 Tagen zu erwarten. Der durchschnittliche Ertrag liegt bei 40 bis 60 t/ha. Die Erntezeit beträgt etwa 3 bis 5 Monate. Eine Toleranz weist sie gegenüber Anthracnose und *Colletotrichum* sp. auf.⁵⁵

Solanum macrocarpon (Bittertomate, Jaxatu)

cv. Soxna (ISRA)

Jaxatu Soxna ist eine sehr bitter schmeckende Sorte. Die Früchte haben etwa ein Gewicht von 40 bis 50 g und einen Durchmesser von 5 bis 6 cm. Die Frucht bleibt auch im reifen Zustand grün. Etwa 40 bis 50 Tage nach dem Auspflanzen ist die erste Ernte zu erwarten. Der durchschnittliche Ertrag beträgt 30 t/ha – 20 bis 25 Früchten pro Pflanze. Diese Sorte ist sowohl an Trockenheit als auch an die Regenzeit gut angepasst.

⁵⁴ Angaben: Technisem Dakar

⁵⁵ Angaben: Technisem Dakar

Abelmoschus esculentus (L.) Moench *Malvaceae* (Gombo, Okra)

cv. „Clemson spineless“

Etwa 60–80 Tage nach der Aussaat ist die erste Ernte zu erwarten, sie dauert ca. 30 Tage. Die Kapseln werden etwa 12–15 cm lang. Die Pflanzen erreichen eine Höhe von 50 –150 cm.

Hibiscus sabdariffa L. *Malvaceae* (Bissap)



Abb. 23: Blühender Bissap (R. Jaudas)

Aus den Blüten des Bissap wird ein Erfrischungsgetränk hergestellt. Die Blätter werden als Gemüse gekocht.

Wurzelgemüse:

Daucus carota L. ssp. *sativus* (Karotte)

Brassica rapa L. var. *rapa* (L.) Thell. (Mairübe)

Gewürzpflanze:

Capsicum chinense *Solanaceae* (Chili)

cv. Safi

Chili hat eine durchschnittliche Vegetationszeit von 5–8 Monaten, wobei nach ca. 2 Monaten die erste Ernte zu erwarten ist.

Hülsenfrüchte:

Vigna unguiculata (L.) Walp. (Augenbohnen, Niebe)

Die Augenbohne benötigt ca. 105 Tage bis zur Blüte, wobei sie flach am Boden rankt. Die Vegetationszeit beträgt etwas mehr als 4 Monate. Die Bohnen schützen durch ihre Wuchsform den Boden, und sie führen ihm Stickstoff zu.



Abb. 24: Augenbohne als Bodendecker (R. Jaudas)

Getreide:

Zea mays (Mais)

Das Saatgut wurde am lokalen Markt gekauft, somit liegt keine Sortenangabe vor.

Des Weiteren wurden von den Frauen *Citrullus lanatus* (Melonen, Pastèque) und *Arachis hypogaea* (Erdnuß) angebaut.

Obst- und Fruchtbäume:

Gepflanzt wurden *Anacardium occidentale* L. (Cashew), *Citrus limon* (L.) Burma. f. und *Mangifera indica* L. (Mango).

Mehrzweckbaum:

Moringa oleifera Lam. (Nebeday, Spinatbaum):

Der Moringabaum ist ein besonders gutes Beispiel für einen Mehrzweckbaum. Er stammt ursprünglich aus Nordindien, ist trockenheitsresistent und wird zwischen 5 -15 m hoch. Er ist vielseitig verwendbar: Sowohl die jungen Früchte als auch die jungen Blätter können als vitaminreiches Gemüse verwendet werden. Auch die Wurzeln junger Bäume sind verwertbar. Sie haben einen hohen Gehalt an Benzylsenfölen und werden zum Würzen von Speisen verwendet.

Die medizinische Verwendung ist ebenfalls vielseitig: Der Presssaft der Blätter kann etwa bei Augeninfektionen angewendet werden. Die Früchte werden im gemahlenden Zustand zur Klärung von Trinkwasser genutzt.⁵⁶

Indigene Gehölze:

Acacia senegal (L.) Willd. *Mimosaceae*

Acacia raddiana Savi *Mimosaceae*

Ziziphus spina-christi (L.) Desf. *Rhamnaceae*

Balanites aegyptiaca (L.) Del. *Balanitaceae*

Bedauerlicherweise konnte die Baumschule der CARAMW keine Samen (Stecklinge) von *Salvadora persica* und *Combretum* spp. liefern. Stattdessen wurde die bei Aufforstungsprojekten sehr beliebte *Leucaena leucocephalla* entgegen unseren Empfehlungen gepflanzt.

Leucaena leucocephalla (Lam.) de Wit *Mimosaceae*

3.3. Versuchsbedingungen und Versuchsdurchführung

3.3.1. Ausstattung der Versuchsflächen

Mbakhana:

Die ursprünglich 0,75 ha große Versuchsfläche wurde mit einem stabilen Maschendraht eingezäunt und einem verschließbaren Tor versehen, um die Versuchspflanzen vor Weidetieren zu schützen.

Für die Bewässerung der Versuchsbeete wurde eine Pumpe samt Zubehör angekauft, um das Wasser aus dem etwa 300 m entfernt gelegenen Fluss Lampsar in ein zentrales Wasserbecken pumpen zu können.

2004 wurde ein weiteres Wasserbecken gebaut, um den Mitarbeitern und auch den späteren Nutzern der Fläche die Gießarbeit zu erleichtern.

2004 wurde die Versuchsfläche auf etwas mehr als 1 ha für weitere Feldversuche vergrößert.

⁵⁶ s. dazu v. Maydell, H.-J., 1992



Abb. 25: Versuchsfläche in Mbakhana 2004. Im Vordergrund Versuchspflanzen – Auberginen. (Zwiauer)



Abb. 26: Die Dieselpumpe für die Bewässerung der Feldversuche musste mehrmals pro Woche zur Fläche gezogen werden. (J.-P. Uwiduhaye)



Abb. 27: Satellitenaufnahme der Versuchsfläche in Mbakhana. Mittlere Fläche (Quelle: google earth, Juni 2006)

Ourourbe

Die Versuchsfläche war zu Beginn 0,5 ha groß und wurde nach und nach auf etwa 1,3 ha erweitert. Da die Fläche im Einzugsbereich des Brunnens liegt, war der Boden einer besonders hohen Verdichtung durch Viehtritt ausgesetzt.

Die Versuchsfläche wurde mit einem stabilen Maschendrahtzaun und einem verschließbaren Tor versehen und ist somit vor Weidetieren geschützt. Der Boden wurde eingeebnet.

Für die Wasserversorgung der Versuchsbeete wurde eine Pumpe am vorhandenen Brunnen installiert. Mehrere Wasserbecken (Mischbecken) wurden gebaut, davon eines von ca. 3 m³ innerhalb der Versuchsfläche, ein zweites (Süßwasserbecken von ca. 5 m³) knapp außerhalb der Fläche. Der Bau weiterer Becken folgte, um die Gießarbeit zu erleichtern. Ebenso wurde ein Hangar gebaut.

Die Fläche wurde in zwei Bereiche geteilt, wobei der eine Teil für die Feldversuche reserviert ist, der andere aber den Frauen für ihre Gemüsebeete zur Verfügung steht.



Abb. 28: Versuchsfläche in Ourourbe 2006. (J. Reichmayr)⁵⁷



Abb. 29: Wöchentliche Wasserlieferungen in Ourourbe mit dem Zisternenwagen der CSS. (J. Reichmayr)

⁵⁷ Ein Satellitenbild der Versuchsfläche in Ourourbe s.: google earth 16°23'57.73" N; 15°40'40.57" W (Sichthöhe 2787 ft).

3.3.2. Bodenbearbeitung

Der Boden wurde in beiden Versuchsorten für die Freilandversuche eingeebnet und dann die Beete mit (traditionellen) Geräten, den lokalen Gewohnheiten entsprechend, ca. 20 cm tief gelockert. Während der Feldversuche wurden die Beete wöchentlich aufgelockert, um die Infiltrationsrate zu verbessern.

3.3.3. Windschutz

Um die jeweiligen Versuchsreihen wurden etwa 2 m hohe Windschutzzäune aus Strohmatte errichtet.



Abb. 30: Windschutz in Ourourbe. Im Vordergrund mit Anzuchtbeeten 2006. (Zwiauer)



Abb. 31: Windschutz der Frauenkooperative Yelour (FAO Projekt). (Zwiauer)

3.3.4. Beete

Die Größe der Beete wurde mit ca. 2 m² festgelegt, abhängig von der Anzahl der Versuchspflanzen. Um Bewässerungsarbeiten, Datenerhebung und weitere Aktivitäten auf der Versuchsfläche zu ermöglichen, wurden zwischen den Beeten 50 cm breite Wege angelegt.

3.3.5. Pflanzweite

Die Pflanzweite orientierte sich an den Angaben der lokalen Kleinbauern, wobei wir den Bereich des Minimalabstandes wählten, um einen mehr oder weniger geschlossenen Bestand zu erhalten und so die Überhitzung des offenen Bodens verringern zu können.

3.3.6. Pflanzenanzucht

Im Sinne von praxisnahen Versuchsbedingungen wurden der Gärtnerei zu Beginn der Feldversuche keine Vorgaben hinsichtlich der Anzucht der Versuchspflanzen gemacht. Weder in Bezug auf Düngung, Bewässerung und Pflanzenschutz, noch in Bezug auf Maßnahmen während der Anzucht (z. B. Ausdünnen der Jungpflanzen). Sie sollten die Pflanzen so liefern, wie sie das auch bei ihren Kooperationsmitgliedern tun.

Dies hatte zur Folge, dass die Gärtnerei Pflanzen lieferte, die eine deutliche Etiolierung aufwiesen (Tomaten). Des Weiteren waren die Pflanzen unsachgerecht aus den Anzuchtbeeten entnommen worden (ohne vorheriges Eingießen etc.). Zusätzlich wurden sie mit nackten Wurzeln, zu einem falschen Zeitpunkt (2 Tage vor dem Pflanzen) geliefert etc. Auch die Sortenauswahl etwa bei Gombo war nicht optimal.

Um die Qualität der Versuchspflanzen zu verbessern, wählten wir ab Versuchsreihe III die Sorten aus, und es wurden genaue Vorgaben bzgl. der Anzucht gemacht. So sollte der Dünger bei der Vorbereitung der Beete bereits in den Boden eingearbeitet werden und zwar 20 g 18-46-0 oder 30 g 10-10-20 pro m², und bei Bedarf sollte mit einer Harnstofflösung (z.B. 0,5%) nachgedüngt werden.

Auch ein Ausdünnen wurde eingefordert, konnte jedoch nicht durchgesetzt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Saatgut teuer ist und daher in den Baumschulen (Gärtnereien) die Jungpflanzen nicht ausgedünnt werden, sondern die Pflanzen in überaus dichten Beständen heranwachsen.⁵⁸

3.3.7. Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrats

Zu Beginn der Feldversuche war eine vergleichsweise aufwändige Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrates vorgegeben, wie hier im Folgenden beschrieben wird.

Materialvorbereitung

„Als mineralischer Luftporenbildner war « Laterit » vorgegeben. Um beide theoretisch vorgegebenen Siebkurven I (2-4 mm) und II (4-8 mm) zu erhalten, musste das Material entsprechend gesiebt werden. Da es auf dem Markt in Senegal jedoch keine Siebe mit den oben genannten Siebmaschenweiten zu kaufen gab, mussten Siebe mit den vorhandenen Maschenweiten hergestellt werden und zwar:

Siebkurve I: 2,24 – 3,5 mm

Siebkurve II: 3,5 – 10,0 mm

Das Sieben des Luftporenbildners erfolgte dann in einem „Laterit – Steinbruch“, wo der Laterit zuerst gebrochen, gelockert und dann gesiebt werden musste.

⁵⁸ Die nicht verwendeten Pflanzen werden an mittellose Kleinbauern verteilt.



Abb. 32: Sieben des Luftporenbildners („Laterit“). Links im Bild Khadim Ndiaye. (J.-P. Uwiduhaye)

Pflanzenwurzelsubstrat

Es handelt sich dabei um eine Mischung aus Luftporenbildner und SPS. Um eine homogene Mischung zu garantieren, wurde für die Feldversuche jeweils 1 Liter Pflanzenwurzelsubstrat vorbereitet:

1 Liter Luftporenbildner wurde mit der entsprechenden SPS-Menge (20 oder 30 g) gemischt (s. Mischvorgang), und anschließend die Mischungen I, I/II oder I+II hergestellt.

	Luftporenbildner		SPS
	Siebkurve I	Siebkurve II	
Mischung I	1 Liter	-	20 bzw. 30 g
Mischung I/II	1 Liter	1 Liter	40 bzw. 60 g
Mischung I+II	2 Liter	1 Liter	60 bzw. 90 g

Tab. 14: Mischtable

Mischvorgang

Der Luftporenbildner wurde in ein Sieb gegeben, mit Wasser begossen, welches man dann abtropfen ließ.



Abb. 33: Herstellung des SPS mit Luftporenbildner. (J.-P. Uwiduhaye)

Ein kleiner Teil des noch nassen Luftporenbildners (1/4 bis 1/3) wurde in den Mischeimer gegeben, eine entsprechende Menge SPS darauf gestreut und das Ganze gut vermischt.

Der Vorgang wurde wiederholt bis ein ganzer Mischgang (1Liter Pflanzenwurzelsubstrat einer Siebkurve) fertiggestellt war.

Für die Mischung I+II (lt. Tabelle) wurden 3 Mischgänge parallel durchgeführt (2 x Siebkurve I und 1 x Siebkurve II) und anschließend alle 3 Mischungen zusammengemischt.

Für die Mischung I/II wurden 2 Mischgänge parallel durchgeführt (1 x Siebkurve I und 1 x Siebkurve II) und anschließend beide Substrate zusammengemischt.⁵⁹

Die hier beschriebene Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrats wäre für die Anwendung in der Gemüseproduktion zu kompliziert und aufwändig gewesen. Es wurde daher 2004 für die Versuchsreihe VII ein Versuchsdesign für einen mehrfaktoriellen Versuch entwickelt, bei dem sowohl Mischtechnik, Art der Einmischung in den Boden als auch die Form der Düngetechnik variiert wurde.

Vereinfachte Mischtechnik und Anwendung

s. Resultate Versuchsreihe VIIa

⁵⁹ J.-P. Uwiduhaye, 2003: Schriftlicher Projektbericht

3.3.8. Auspflanzen auf der Versuchsfläche

Einsaat

„Für die Einsaat wurde das gesamte Pflanzloch mit Pflanzenwurzelsubstrat aufgefüllt, darauf 2 Samen im Abstand von 3 – 5 cm und mit Erdmaterial bedeckt. Nach erfolgter Keimung wurde schwächere Pflänzchen ausgezogen.

Auspflanzen der Setzlinge

Beim Auspflanzen der Setzlinge wurde das Pflanzenwurzelsubstrat in mindestens 2 Schichten ins Pflanzloch eingebracht. Die Auspflanzung erfolgte in mindestens 4 Schritten.

1. Schritt: ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des Pflanzenwurzelsubstrats wurde eingefüllt.
2. Schritt: Der Setzling wurde auf die untere Schicht gestellt (oder gehalten).
3. Schritt: Das restliche Pflanzenwurzelsubstrats wurde um die Wurzeln des Setzlings gegeben.
4. Schritt: Mit Erdmaterial abgedeckt. Nach dem Auspflanzen wurden die Setzlinge eingegossen.“⁶⁰

Ein Problem stellte das Auspflanzen insofern dar, als die Verteilung der einzelnen Pflanzen nicht mittels Zufallszuteilung erfolgte, sondern aufs „Geratewohl“. Dies hatte zur Folge, dass in den Vergleichsbeeten die vitalsten Individuen und in den sogenannten Stressbeeten (Beete mit reduzierter Gießmenge) manchmal vergleichsweise geschwächte Individuen gepflanzt wurden. Die Ursache dafür war, dass die Mitarbeiter, da sie zuerst jeweils das Vergleichsbeet bepflanzten, (verständlicherweise) mit den vitaleren Pflanzen begannen. Ein Randomisieren wurde in Betracht gezogen, jedoch wieder verworfen, weil dieses komplizierte Auswahlverfahren der Zufallszuteilung zu viel Zeit beansprucht hätte und für das Pflanzen jeweils aus klimatischen Gründen nur etwa 3 Stunden zur Verfügung standen.

„Verwendete Menge des Pflanzenwurzelsubstrates:

Bei der Einsaat wurde ca. $\frac{1}{4}$ Liter Pflanzenwurzelsubstrat verwendet.

Als Faustregel auf der Versuchsfläche galten „1 Liter Pflanzenwurzelsubstrat (oder ein Mischgang) für 4 Pflanzlöcher“

Bei den Setzlingen wurde ca. $\frac{1}{3}$ Liter Pflanzenwurzelsubstrat verwendet.

Als Faustregel auf der Versuchsfläche galt „1 Liter Pflanzenwurzelsubstrat (oder ein Mischgang) für 3 Pflanzenlöcher“.

Bei Bäumen wurde eine ganze Mischung (Mischung I+II) pro Baum verwendet, d. h.

3 Liter Pflanzensubstrat pro Baum.

⁶⁰ J.-P. Uwiduhaye, 2003: Schriftlicher Projektbericht

Als Faustregel auf der Versuchsfläche galt 3 Liter Pflanzenwurzelsubstrat (oder drei Mischgänge) pro Baum.⁶¹

3.3.9. Gießmodus

Bereits vor Beginn der Feldversuche hatte sich gezeigt, dass die viele Gemüsebauern ihre Pflanzungen unregelmäßig gießen, manchmal einige Tage nicht. Gegossen wird dann, wenn Zeit dafür vorhanden ist. Der Bedarf steht nicht immer im Vordergrund und die Pflanzen erreichen vergleichsweise oft den Welkepunkt. Die Bewässerungsmethode ist eine der Ursachen für eine verminderte Produktivität. Weitere Faktoren sind, dass erstens durch unsachgemäßes Gießen viele Jungpflanzen bereits in der ersten Phase nach dem Auspflanzen ausfallen, zweitens ineffizient gegossen wird, weil ein Teil wieder abrinnt, einerseits weil Beete schräg angelegt werden, das Wasser schnell darüber „geschüttet“ wird und zusätzlich der Boden kaum aufgelockert wird, wodurch die Infiltrationsrate gering bleibt.



Abb. 34: Jungpflanze nach unsachgemäßem Gießen. (R. Jaudas)

Für die Feldversuche wurde daher ein Gießmodus (Gießtechnik, -frequenz etc.) festgelegt, d. h. der Zeitpunkt an dem gegossen wird und eine „allgemeingültige“ Standardgießmenge wurden vorgegeben. Dies hatte zwar zur Folge, dass die einzelnen Pflanzenarten nicht immer ihrem tatsächlichen Wasserbedarf entsprechend versorgt werden konnten. Diesen Weg wählten wir dennoch, weil erstens die lokalen Bauern vor Ort bei den einzelnen Gemüsearten ebenfalls nicht differenzieren, auch wenn ein offensichtlicher

⁶¹ J.-P. Uwiduhaye, 2003: Schriftlicher Projektbericht

Unterschied im Wasserbedarf besteht, zweitens wäre eine zusätzliche Differenzierung im an sich komplizierten Gießschema für die Mitarbeiter eine Überforderung und von ihnen auch nicht nachvollziehbar gewesen.

Auch eine Reduktion der täglichen Gießmengen war nicht durchführbar, wenn beispielsweise auf einem Beet aufgrund von Ausfällen nur wenige Pflanzen verblieben waren.

Die Kontrollbeete wurden täglich mit 44 Liter, verteilt auf zwei Gaben, bewässert. Dies stellte unsere Standardgießmenge dar, die sich am Wasserverbrauch der Gemüsebauern in Mbakhana orientierte, uns jedoch hoch schien. Eine Reduktion hatte jedoch immer eine hohe Ausfallsquote zur Folge.

3.3.10. Düngung

In den Versuchsreihen I und II wurde auf eine bedarfsgerechte Düngung verzichtet, da auch die lokalen Bauern oft über mehrere Anbauperioden hindurch keine Mineraldünger und ebenfalls keinen organischen Dünger verwenden.

Stehen keine Mineraldünger zur Verfügung bzw. können diese nicht zugekauft werden und sind vielfach auch kaum oder überhaupt keine Wirtschaftsdünger vorhanden, wird „als Alternative von den Gemüseproduzenten der sogenannte „Terreau“ verwendet. „Der Terreau stammt oft aus Abfallhalden und enthält neben viel organischer Substanz auch allerlei andere Abfälle wie Plastiksäcke, Schuhe, Dosen, Textilien etc. Diese werden dann vor der Anwendung herausgelesen. Welche Stoffe aber sonst noch enthalten sind, z.B. Schwermetalle, organische Lösungsmittel oder andere unerwünschte Substanzen (z.B. aus Batterien) ist unbekannt.“⁶²

⁶² Schriftliche Mitteilung, DI R. Jaudas, 11.03.03



Abb. 35: Ungedüngte Jaxatu. Anbau durch die Frauen in Ourourbe. (R. Jaudas)

In den ersten beiden Versuchsreihen wurde „Neem-Kuchen“ verwendet. Neem-Kuchen wurde gewählt, weil es sich um einen kostengünstigen Dünger mit guten Düngeeigenschaften handelt. Zudem wäre die Möglichkeit gegeben, dass die Bauern diesen selbst produzieren, da der Neembbaum im Senegal einer der häufigsten Alleebäume ist.

Neemkuchen und Neemöl wurden aufgrund des intensiven Geruchs von den Bauern letztendlich nicht verwendet.

Da die Produktivität der Böden so gering ist, reichte die Düngung mit Neemkuchen und Kaliumcarbonat nicht aus, weshalb die Pflanzen in den ersten beiden Versuchsreihen deutliche Mangelsymptome aufwiesen. In den weiteren Versuchsreihen wurde daher mit Mehrnährstoffdünger (10-10-20) z. T. in Kombination mit organischem Dünger (Kuhmist) gedüngt.

Der NPK-Dünger 10-10-20, ist der am häufigsten verwendete Mehrnährstoffdünger im Senegal, d. h. er ist überall, auch in kleineren Orten erhältlich. Der Preis liegt bei 18 Cent/kg, wenn er in größeren Mengen gekauft wird. Als Basis für die berechneten Aufwandsmengen⁶³ wurden die Werte der Bodenanalysen und der kulturspezifische Nährstoffentzug (Angaben von CIRAD⁶⁴ bzw. SAED⁶⁵) herangezogen.⁶⁶

Bei Tomaten gingen wir von einem Zielertrag von 80 t/ha, 30.000 Pflanzen pro ha aus. Der Düngeaufwand wurde dementsprechend mit 20 t Mist, 1400 kg/ha

⁶³ Alle Berechnungen bzgl. der Aufwandsmengen wurden von Herrn DI R. Jaudas durchgeführt

⁶⁴ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

⁶⁵ Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du Fleuve Sénégal

⁶⁶ Sämtliche Berechnungen wurden von Herrn DI R. Jaudas durchgeführt

10-10-20 und 120 kg/ha Harnstoff festgelegt. Dies ergab 215 kg N, 170 kg P, 400 kg K.⁶⁷

Bei den Auberginen gingen wir von einem Zielertrag von 40 t/ha, 16000 Pflanzen aus. Der Düngeaufwand wurde mit 20 t/ha Mist, 1000 kg 10-10-20/ha und 150 kg/ha Harnstoff festgelegt. Dies ergab 189 kg N, 130 kg P und 320 kg K.⁶⁸

Diese Werte stellten unsere Berechnungsbasis für die jeweiligen Dünge­stufen dar.

3.3.11. Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz nahm einen besonderen Stellenwert ein. Besonders Termiten, Nematoden (*Meloidogyne* sp.), Heuschrecken, Blattläuse, Minierfliegen, Weiße Fliege, Milben, Raupen, Vögel, Nager und Affen zerstörten immer wieder Teile der Versuchsreihen bzw. ganze Reihen, während Pilzbefall erwartungsgemäß kein Problem darstellte.

Als Repellent wurde für die Versuchsreihen I, II, III und IV trotz der Widerstände der Mitarbeiter Neemöl verwendet. Vorgegeben war eine wöchentliche Spritzung. Bei den späteren Versuchen konnte die Anwendung nicht mehr durchgesetzt werden.

Im Bedarfsfall wurde die gesamte Reihe mit einem konventionellen Pflanzenschutzmittel wie Tersen 426EC oder Vidate L gespritzt.

Ab Versuchsreihe III wurden die Flächen mit Furadan oder Mocap behandelt. Pflanzenschutz bleibt in der Region oft auf Nematodenschutz beschränkt.



Abb. 36: Nematodenbefallene Wurzeln (R. Jaudas)

⁶⁷ Berechnungen DI R. Jaudas.

⁶⁸ Berechnungen DI R. Jaudas.

Schädlingsbefall wird in der Regel sehr lange nicht erkannt, und nur selten wird sofort reagiert. Meist warten die Bauern zu lange, um ein Insektizid zu kaufen, oft weil kein Geld dafür vorhanden ist.



Abb. 37: Spinnmilben auf Auberginen (R. Jaudas)



Abb. 38: Schädlingsbefall (rote Spinne) auf Auberginen. Anbau durch die Frauen in Ourourbe. (R. Jaudas)

Als Pflanzenschutzmittel wurden verwendet: Tersen 426 (a.l.: Cypermethrine, Triazophos, Dimethoate), Décis (a.l.: Deltamethrine), Materon (a.l.: Metamidophos), Dicofol-Keltane, Schwefel (diese 5 Produkte gegen Insekten); Furadan (a.l.: Carbofuran) (Nematizid und Insektizid); Fongex gegen Pilzinfektionen (a.l.: Methylthiophanat, Schwefel, Kupferoxychlorid); Zinkphosphid (gegen Ratten und Mäuse).⁶⁹

In den späteren Versuchsreihen gingen wir dazu über, regelmäßige Behandlungen durchzuführen, wie das Beispiel in nachfolgender Tabelle zeigt.

DATE	TRAITEMENT AVEC ViDATE L
09 mars 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
30 mars 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
20 avril 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
11 mai 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
01 juin 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
22 juin 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
13 juillet 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
03 août 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)
25 août 2005	26 ml de Vidate/26 l d'eau pour 57 planches (pulvériser)

Tab. 15: Plan für Pflanzenschutz

Traitement : verser 26 ml de Vidate L dans la pulvérisateur contenant 26 l d'eau et pulvériser 57 planches. Recommencer l'opération pour les autres 57 planches.

3.3.12. Datenaufnahme

Die Datenaufnahmen führten lokale Mitarbeiter⁷⁰, Herr S. Sakho⁷¹, fallweise Herr DI J.-P. Uwiduhaye und DI R. Jaudas durch.

In den ersten Feldversuchen, sie dienten auch dazu, zu eruieren welche Daten unter den gegebenen Forschungsbedingungen erhoben werden können, wurden Wuchshöhe (gemessen 2x pro Monat), Ertrag (Anzahl der geernteten Früchte/Gewicht) und Blatttemperatur⁷² (tägliche Messung) aufgezeichnet. Die Blatttemperatur⁷³ sollte täglich am frühen Nachmittag gemessen werden, da die Mitarbeiter aber zu diesem Zeitpunkt, den lokalen Gewohnheiten entsprechend, ihren Tee zu sich nahmen, waren sie nicht bereit vor 16–17 Uhr diese Messung durchzuführen. Die ermittelten Daten sind aus diesem Grund und auch weil nicht in allen Beeten die Blatttemperatur gemessen wurde, nicht aussagekräftig.⁷⁴

⁶⁹ Schriftliche Mitteilung R. Jaudas, St. Louis 5.9.2002

⁷⁰ s. Projektteam

⁷¹ Universität Dakar, Institut für Agronomie, Pflanzenphysiologie und Agrotechnologie

⁷² Sie wurde als Kontrollinstrumentarium herangezogen, um indirekt den Wasserstress feststellen zu können.

⁷³ Die Messungen wurden mit einem Infrarotmessgerät durchgeführt

⁷⁴ Die Mitarbeiter schienen überfordert zu sein, sodass auf eine Messung in allen Beeten verzichtet werden musste

Phänologische Daten wie Blüh- und Fruchtbeginn, Beginn der Erntephase wurden ebenfalls ermittelt.

Des Weiteren notierten die Mitarbeiter ihre Beobachtungen zu Vitalität, zu Blüten- und Fruchtabwurf, zu Schädlingsbefall, Ausfällen und Eintreten der Seneszenz etc.

Wetterdaten wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit wurden in den ersten Versuchsreihen ebenfalls erhoben.

Um eine Datensicherheit zu erlangen, wurden zusätzlich wiederholt stichprobenartig Datensätze aufgenommen.

Die Blütenanzahl wurde nach dem Zufallsprinzip ermittelt. Sie stellte einen kumulativen Wert dar und war deshalb nur bedingt interpretierbar. Allerdings stellten diese Datenerhebungen ein gutes Kontrollinstrumentarium dar.

Der Ertrag wurde jeweils notiert, wenn die Mitarbeiter reife Früchte ernteten. In den späteren Versuchsreihen gingen wir dazu über, wöchentliche Erntetage festzulegen.

Die Datenaufnahme konzentrierte sich ab Versuchsreihe III auf die Parameter Ertrag (Anzahl der geernteten Früchte, Gewicht) und Wuchshöhe. Außerdem wurde die wöchentliche Einschätzung zur Vitalität der Pflanzen, zum Schädlingsbefall etc. durch die Mitarbeiter beibehalten.

Eine Bestimmung der Biomasse und Wassernutzungseffizienz konnten aus zweierlei Gründen nicht durchgeführt werden: erstens ließen es die Rahmenbedingungen nicht zu und zweitens war eine destruktive Methode auszuschließen, weil wir nur mit einer vergleichsweise kleinen Anzahl von Versuchspflanzen arbeiten konnten.

Auch Blattanalysen waren unter den gegebenen Bedingungen nicht durchführbar.

Zusätzlich zu den Ertragsbestimmungen und der Ermittlung biometrischer Daten wurden regelmäßig, über die gesamten Anbauperioden, Bodenproben entnommen und in Wien⁷⁵ analysiert; dies vor allem, um eine Risikoabschätzung bzgl. einer sekundären Bodensalinität vornehmen zu können.

Die Sedimentproben für die Bodenuntersuchungen wurden jeweils aus 25 – 30 cm Tiefe bzw. aus 5 cm Tiefe entnommen.

Bestimmt wurden pH-Wert in CaCl_2 (SAA-41N-01),⁷⁶ Kationenaustauschkapazität (KAK); SAA-41N-13, austauschbares Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Al (SAA-41N-13), austauschbare Protonen (SAA-41N-15), pflanzenverfügbarer Phosphor (SAA-41N-05), pflanzenverfügbares Kalium (SAA-41N-03, -04), pflanzenverfügbares Magnesium (SAA-41N-11), pflanzenverfügbare Stoffe wie Fe, Mn, Cu, Zn (SAA-41M-02), pflanzenverfügbares Bor (SAA-41M-01), Elektrische Leitfähigkeit (SAA-41M-

⁷⁵ Analysiert wurden die Bodenproben vom Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung - AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit).

⁷⁶ Die jeweilige Prüfmethode ist jeweils in Klammer gesetzt.

04), Humusgehalt nach trockener Verbrennung (SAA-41N-07), nachlieferbarer Stickstoff (SAA-41S-04, -05).⁷⁷

3.3.13. Transportmittel



Abb. 39: „Projekttaxi“ (Zwiauer)

4. Resultate

4.1. Versuchsdesign⁷⁸

Prinzipielle Vorgehensweise

Bei der Entwicklung des Versuchsdesigns standen naturgemäß die wissenschaftlichen Zielsetzungen im Vordergrund. Ungeachtet dessen wurde versucht, die Wünsche und Vorstellungen der mitarbeitenden Personen in den Dörfern zu berücksichtigen, auch wenn dies mitunter zu Veränderungen im Versuchsdesign führte.

⁷⁷ Die Bodenproben wurden, wenn nicht anders angegeben, von der AGES, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldgasse 191, 1226 Wien als akkreditierte Prüfstelle durchgeführt.

⁷⁸ Pkt. „Versuchsdesign“ wird hier unter „Resultate“ angeführt, weil die Entwicklung des jeweiligen Versuchsdesigns auf den Resultaten der vorangehenden Versuchsreihen basierte.

Ein wesentlicher Punkt, der ständig präsent war, war die Machbarkeit einer transdisziplinären Feldstudie unter den gegebenen Rahmenbedingungen (s. dazu auch „Versuchsbedingungen“).

Dies machte sich u. a. dadurch bemerkbar, dass vor allem in Ourourbe die regelmäßige Wasserversorgung nur sehr schwer zu gewährleisten war. Es musste also bei der Anzahl der Versuchspflanzen pro Versuchsreihe immer auch bedacht werden, ob die von der *Compagnie Sucrière Sénégalaise* zugesagten wöchentlichen Lieferungen ausreichen würden, um die Versuchspflanzen regelmäßig bewässern zu können.

Pro Versuchsreihe konnten folglich max. 120 Beete (1200 Versuchspflanzen) bepflanzt werden.

Durch die sehr frühe Einbindung von Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. W. Gutjahr⁷⁹ in die Versuchsplanung, wurden „Fehler“ vermieden, die zu einem späteren Zeitpunkt eine statistische Auswertung erschwert hätten. Dadurch konnte ein jeweils der Fragestellung und der Machbarkeit angemessenes Versuchsdesign entwickelt werden.

Bei den ersten Feldversuchen war die Praxisnähe vorrangig, d. h. das Versuchsdesign orientierte sich an der gängigen Anbaupraxis. Praxisnähe bedeutete, Setzlinge von minderer Qualität (etioliert), keine bedarfsgerechte Düngung, nur das Mindestmaß an Bodenbearbeitung während der Stehzeit der Kulturen, unzureichendes Schädlingsmanagement sowie vielfach unangepasste Gießtechniken.

Um das Ertragsniveau anheben zu können, wurden nach und nach die Anbautechniken optimiert, indem angepasste Sorten und vitalere Setzlinge verwendet wurden. Zusätzlich wurden ein Schädlingsmanagement, eine effizientere Wassernutzung durch eine schonende Düngetechnik und Düngepläne eingeführt.

Die Folge war, dass auch in den Referenzbeeten deutliche Ertragszuwächse erzielt wurden. Damit veränderte sich auch die Bezugsbasis die als Vergleich zur Bewertung der Ertragssituation in den SPS-Beeten herangezogen wurde.

Versuchsreihe I

November 2002 – Mai 2003

Versuchsort Mbakhana

Ziel der ersten Versuchsreihe war es, Basisdaten hinsichtlich der Aufwandsmenge von SPS zu erhalten. Zudem sollte sie zeigen, für welche Anwendungen SPS geeignet ist (Gemüseanbau, Freilandausaat). Weiters sollte die Machbarkeit von Feldversuchen in der gegebenen Situation eruiert werden bzw. welche Zusatzfaktoren (Schädlingsbefall, organisatorische Schwierigkeiten) die Reihen maßgeblich beeinflussen würden.

⁷⁹ Institut für Statistik und Decision Support Systems der Universität Wien

Ende November 2002 wurde daher ein zweifaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die zugegebene Menge SPS in zwei Stufen (die Stufe eins mit 20 g SPS/Liter Luftporenbildner, die Stufe zwei 30 g SPS/Liter)
- Faktor zwei war das Wasser

Pro Beet wurden 15 Setzlinge gepflanzt. Ausfälle durften nur in den ersten zwei Wochen ersetzt werden. Der Versuch wurde ohne Wiederholung durchgeführt.

Versuchsanordnung:

Düngung: 1-1,5 g Neem-Kuchen/Liter Pflanzensubstrat, 140mg Kaliumcarbonat/Pflanze		
20 g SPS/Liter Luftporenbildner	30 g SPS/Liter Luftporenbildner	Kontrolle/ Luftporenbildner
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	-
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	-
60% Wasserreduktion	60% Wasserreduktion	-
75% Wasserreduktion	75% Wasserreduktion	-

Tab. 16: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe I

Versuchsmaterial:

Tomaten cv. Roma; Chili cv. Clemson spineless; Gombo cv. Volta; und Niebe-Bohnen (*Vigna* sp.).

Düngung:

Gedüngt wurde mit Neem-Kuchen und Kaliumcarbonat. Nach Angaben des Herstellers wurde der Neem-Kuchen in einer Menge von 1-1,5 g/Liter Erde eingemischt. Zusätzlich wurde 2x mit 70 mg Kaliumcarbonat pro Pflanze in einem Intervall von 2 Wochen gedüngt. Die erste Düngerzugabe erfolgte 2 bis 3 Tage nach dem Auspflanzen.

Datenerhebung:

Erhoben wurden biometrische Daten (Wuchshöhe, Anzahl der Blüten und Früchte), phänologische Daten (Blühbeginn etc.), Blatttemperatur und Ertragsdaten.

Ergebnisse:

Tomaten:

Unter den gegebenen Bedingungen konnte mit der Zugabe der Silikatechnologie eine erhebliche Ertragssteigerung erzielt werden, bei gleichzeitiger Reduktion des Wasserverbrauchs. Es zeigte sich, dass „die Pflanzen [Tomaten]⁸⁰ in den Plots mit SPS-Zugabe signifikant besser wuchsen (Höhe), als jene in den Vergleichsbeeten. Auch die Versuchspflanzen, die 75% der Standardgießmenge und 30 g SPS erhielten, sind signifikant besser gewachsen als jene des Vergleichsbeets.“⁸¹

⁸⁰ Anm. d. Verf.

⁸¹ Riedmann, H.: Materialienband zur Statistischen Auswertung

Insgesamt weisen die Beete mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe die höchsten Erträge auf. Die Unterschiede zwischen einer Zugabe von 20 g bzw. 30 g pro Liter Pflanzensubstrat fallen gering aus. Die Erträge bei einer Wasserreduktion von 25% und einer SPS-Zugabe liegen ebenfalls über jenem des Referenzbeetes. Bei einer Wasserreduktion von 50% liegt der Ertrag im SPS-Beet etwas unter jenem des Referenzbeetes.

Da die Bewässerung bei den Tomaten kurz nach Beginn der Ernte abrupt abgebrochen wurde,⁸² konnte nicht festgestellt werden, ob die Pflanzen in den Plots mit SPS zu einem späteren Zeitpunkt seneszent geworden wären, als jene im Vergleichsbeet.

Keine Unterschiede zeigten sich hingegen im Blühbeginn zwischen den Individuen in den Beeten mit SPS und jenen in den Beeten ohne SPS Zugabe.

Da die Erträge nicht pro Pflanze erhoben wurden, konnte keine Varianzanalyse durchgeführt werden. Eine Datenermittlung pro Pflanze war zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich.

Chili:

Auch bei Chili konnten unter den gegebenen Bedingungen erhebliche Ertragssteigerungen erzielt werden, wiederum in den Beeten mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe. Auch der Ertrag im Beet mit einer Wasserreduktion von 25%, verbunden mit einer SPS-Zugabe liegt über jenem des Vergleichsbeetes.

Auch bei Chili zeigte sich, dass bei einer Wasserreduktion von 50% der Ertrag unter jenen des Kontrollbeetes mit Standardbewässerung fällt.

Insgesamt wurde der Versuchsverlauf durch externe Faktoren so stark beeinflusst, dass die Ergebnisse nur schwer interpretiert werden können. Maßgebliche Störfaktoren waren erstens, dass die Chilipflanzen in einem zu jungen Stadium von der Gärtnerei geliefert worden waren, zweitens ein massiver Nematodenbefall (Kontrollbeet) ein inhomogenes Wachstum bei den einzelnen Individuen bzw. ein Absterben vieler Individuen vor oder während der Fruchtphase verursachte. Zusätzlich waren die Pflanzen durch Nährstoffmangel in ihrer Vitalität geschwächt.

Die Stehzeit betrug 8 Monaten. Wären rechtzeitig eine bedarfsgerechte Düngung und der notwendige Schutz vor Nematoden erfolgt, hätte die Stehzeit wesentlich verlängert werden können.

Gombo:

Die Daten von Gombo konnten nur bedingt statistisch ausgewertet werden, weil aufgrund der geringen Keimungsrate zu wenige Daten pro Plot vorlagen. Zusätzlich haben ein inhomogenes Keimen und Keimverzögerungen in den SPS-Beeten dazu geführt, dass schon für die erste Messung der Wuchshöhe die Varianzanalyse eine ungleiche Ausgangslage ergibt.

Die geringen Keimungsraten waren durch mehrere Faktoren beeinflusst. Zum einen wurden die Samen, entsprechend den lokalen Gewohnheiten, nicht

⁸² dies entspricht den lokalen Gewohnheiten.

vorbehandelt, sondern im ungequollenen Zustand direkt gesät, zum anderen lieferte die Gärtnerei eine nur bedingt passende Sorte für den Anbau während der „kühlen“ Trockenzeit. In den anschließenden Versuchsreihen wurden die verwendeten Samen vorbehandelt, wodurch die Keimungsrate auf etwa 90% gesteigert werden konnte.

Bohnen:

Die Keimungsraten der Bohnen waren nicht herabgesetzt, allerdings war hier eine Verzögerung der Keimung in den Beeten mit SPS Zugabe zu beobachten. Auch hier ergibt „die Varianzanalyse der ersten Höhenmessung bereits eine nicht homogene Verteilung der Pflanzen zwischen den Beeten, wodurch weitergehende Testverfahren von vorneherein sich als nicht sinnvoll erwiesen.“⁸³ Bei den Bohnen war letztlich ein 100%-iger Ertragsausfall gegeben, weil Herbivore (Affen, Nager) die Früchte unmittelbar vor der Reife fraßen.

Versuchsreihe II

November 2002 – Oktober 2003

Versuchsort Ourourbe

Ziel der zweiten Versuchsreihe war es, festzustellen, inwieweit Gemüseanbau unter den gegebenen Bedingungen möglich ist und die Silikatechnologie Ertragseinbußen bei Bewässerung mit salzbelastetem Wasser kompensieren kann.

Im Dezember 2002 wurde daher ein dreifaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die zugegebene Menge SPS in zwei Stufen:
 - Stufe 1: 20 g SPS pro Liter Luftporenbildner
 - Stufe 2: 30 g SPS/Liter Luftporenbildner
- Faktor zwei war die Wassermenge in 5 Stufen
 - Stufe 1: Standardgießmenge
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
 - Stufe 3: 50% Wasserreduktion
 - Stufe 4: 60% Wasserreduktion
 - Stufe 5: 75% Wasserreduktion
- Faktor drei war die Wasserqualität

Pro Beet wurden 15 Setzlinge gepflanzt. Ausfälle durften nur in den ersten zwei Wochen ersetzt werden. Der Versuch wurde ohne Wiederholung durchgeführt.

⁸³ s. dazu Materialienband zur statistischen Auswertung

Versuchsplanung:

Bewässerung mit Flusswasser

Düngung: 1-1,5 g Neem-Kuchen/Liter Pflanzensubstrat, 140mg Kaliumcarbonat/Pflanze		
20 g SPS/Liter Luftporenbildner	30 g SPS/Liter Luftporenbildner	Kontrolle Luftporenbildner
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	-
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	-
60% Wasserreduktion	60% Wasserreduktion	-
75% Wasserreduktion	75% Wasserreduktion	-

Bewässerung mit salzbelastetem Wasser

Düngung: 1-1,5 g Neem-Kuchen/Liter Pflanzensubstrat, 140mg Kaliumcarbonat/Pflanze		
20 g SPS/Liter Luftporenbildner	30 g SPS/Liter Luftporenbildner	Kontrolle Luftporenbildner
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	-
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	-
60% Wasserreduktion	60% Wasserreduktion	-
75% Wasserreduktion	75% Wasserreduktion	-

Tab. 17: Versuchsplanung zu Versuchsreihe II

Zusätzlich legten die Frauen aus Ourourbe Beete an.

30 g SPS/Liter Luftporenbildner	Kontrolle/Luftporenbildner
Standardgießmenge	Standardgießmenge
50% Wasserreduktion	-

Tab. 18: Versuchsplanung der „Frauenbeete“

Aufgrund technischer Schwierigkeiten, da die benötigten Installationen nicht rechtzeitig fertiggestellt werden konnten, mussten alle Versuchspflanzen mit Süßwasser bewässert werden.

Dies führte zwar vorerst zu einer Verzögerung im Forschungsplan, hatte aber den Vorteil, dass wir dadurch für diese erste und auch schwierigste Stufe der Versuche eine höhere Anzahl von Versuchspflanzen pro Versuchseinheit erhielten.⁸⁴

Versuchsmaterial:

Tomaten, Sorte Roma; Chili, Sorte Clemson spineless; Gombo cv. Volta; und Niebe-Bohnen (*Vigna* sp.).

Düngung:

Gedüngt wurde mit Neem-Kuchen und Kaliumcarbonat. Nach Angaben des Herstellers wurde der Neem-Kuchen in einer Menge von 1-1,5 g/Liter Erde eingemischt. Zusätzlich wurde 2x mit 70 mg Kaliumcarbonat pro Pflanze in

⁸⁴ s. dazu Versuchsplanung II

einem Intervall von 2 Wochen gedüngt. Die erste Düngerzugabe erfolgte 2 bis 3 Tage nach dem Auspflanzen.

Datenerhebung:

Erhoben wurden biometrische Daten (Wuchshöhe, Anzahl der Blüten/Früchte), phänologische Daten (Blühbeginn etc.), Blatttemperatur und Ertragsdaten.

Ergebnisse:

Chili:



Abb. 40: Beet ohne SPS und Standardbewässerung (2 Monate nach dem Auspflanzen).
(R. Jaudas)



Abb. 41: Chili Beet mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe. (R. Jaudas)



Abb. 42: Beet mit 60% Wasserreduktion und SPS-Zugabe. (R. Jaudas)

Bei Chili konnten statistisch auswertbare Daten hinsichtlich des Ertrags ermittelt werden. Der Versuchsverlauf war jedoch, so wie auch in Versuchsreihe I, massiv von externen (bekannten) Faktoren beeinflusst. Primär sind der immer wieder auftretende Wassermangel und „Abänderungen“ im Bewässerungsschema durch die lokalen Mitarbeiter zu nennen.

Einzelne Beete (z. B. Beet 3, es sollte mit 75% der Standardgießmenge bewässert werden) wurde beispielsweise im Zeitraum vom 10.3.03 – 5.5.03 nicht mit der vorgesehenen Wassermenge bewässert, sondern nur mit 50% der Standardgießmenge. Auch das Referenzbeet erhielt vom 10.3.03. – 30.6.03 nur 50% der vorgesehenen Wassermenge. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Bewässerung dieses Beetes eingestellt, weil bereits alle Pflanzen vertrocknet waren. Im Beet mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe überlebte ein Drittel der Pflanzen. Bis zum September wurde dem Gießplan entsprechend bewässert, danach nur noch sporadisch.

Ein weiteres Problem stellte die Tatsache dar, dass die Individuen innerhalb der Beete sich oft gravierend in ihrer Vitalität (Wuchshöhe, Blattanzahl, Blattfarbe, Fruchtansatz) unterschieden. Zurückzuführen ist dies primär auf eine Unterversorgung mit Nährstoffen, wie Vergleiche mit den Pflanzungen (die Pflanzen stammten aus derselben Anzucht) in der Baumschule der CARAMW, die bedarfsgerecht gedüngt wurden, gezeigt haben.

Aussagen hinsichtlich der Wasserverbrauch-Ertrags-Relation sind aufgrund der oben genannten Versuchsbedingungen schwierig. Bemerkenswert ist dennoch, dass die Referenzbeete wesentlich schlechtere Ergebnisse lieferten als die Beete mit SPS-Zugabe (mit Ausnahme eines Beetes).

Alle erhobenen Daten der Versuchsreihen I und II zusammen, bestätigen für die Beete mit SPS-Zugabe bessere Erträge als für die Referenzbeete.

Verbesserungen im Ertrag, wenn auch nur anhand einer visuellen Einschätzung, konnten auch bei den von den Frauen angelegten Beeten festgestellt werden.

Bei Karotten, Mairüben und auch bei Auberginen konnten trotz Wasserreduktionen (die Beete mit SPS-Zugabe wurden nur mit 50% der Standardgießmenge bewässert) Ertragssteigerungen erzielt werden (s. Abb.).



Abb. 43: Karotten. Anbau durch die Frauen von Ourourbe. Links: Kontrolle. Mitte: Mit SPS (verpflanzt). Rechts: mit SPS. (R. Jaudas)



Abb. 44: Mairüben angebaut in Ourourbe; Links: Kontrolle. Mitte: mit Luftporenbildner. Rechts: Mit SPS. (R. Jaudas)

Gombo:

Bei Gombo kam es einerseits durch eine ungeeignete Sortenwahl zu hohen Ausfällen, andererseits waren die lokalen Mitarbeiter der Ansicht, dass Gombo während der Keimungsphase nur wenig(!) Wasser erhalten dürfe. Sie lehnten, ebenso wie die Mitarbeiter in Mbakhana ein Vorkeimen der Samen ab. Die Ausfälle waren bereits während der Keimungsphase so zahlreich, dass diese Kultur keine statistisch auswertbaren Daten lieferte.

Bohnen:

Für die fehlenden Daten bei den Bohnen sind externe Ursachen verantwortlich. Einerseits war es Tierfraß (Hasen), andererseits konnten die Mitarbeiter die Daten nicht mehr ermitteln, weil sich Skorpione und Schlangen im dichten Bewuchs aufhielten. Offenbar lockten die „günstigen“ Bedingungen viele Tiere an.

Versuchsreihe III

Juli 2003 – September 2003

Versuchsort Ourourbe

Die dritte Versuchsreihe wurde in erster Linie durchgeführt, um festzustellen wie groß die Wissensdefizite der Frauen hinsichtlich der Anbautechniken sind.

Sie sollte außerdem Anhaltspunkte darüber liefern, ob die Silikatechnologie auch bei einer Folgefrucht eine ertragssteigernde Wirkung zeigt, d. h. eine Ertragssteigerung im 2. Jahr erzielt werden kann.

Zu diesem Zweck wurden in den im Jahr zuvor angelegten Beeten, die weder Luftporenbildner noch SPS enthielten, SPS eingebracht. Die beiden Vergleichsbeete (SPS-zugabe „2002“ und „Luftporenbildner“⁸⁵) wurden unbehandelt belassen und weiter genutzt. Um eine Störung der Schichten zu vermeiden, wurden die Wurzeln der Vorkulturen nicht entfernt.

Die Setzlinge/Samen wurden kurz vor der Regenzeit im Juli gepflanzt/gesät. Da die Niederschlagsmengen 2003 jedoch so gering ausfielen, sodass sie für einen Regenfeldbau nicht ausreichten, sollten die Beete mit der in der 1. Versuchsreihe eingeführten Standardgießmenge bewässert werden. Da es jedoch auch während dieser Reihe wiederholt zu Verzögerungen bzw. Ausfällen bei den Wasserlieferungen kam, war eine regelmäßige Bewässerung nicht möglich. Die Folge war, dass vor allem bei Mais ein Großteil der Pflanzen zugrunde ging und der verbliebene Bestand keinen Fruchtansatz bildete.

Versuchsanordnung:

Insgesamt wurden im Rahmen dieser Reihe 58 Beete bepflanzt, 30 dieser Beete waren bereits im Vorjahr angelegt worden. Pro Pflanzenart wurde mindestens einmal folgender Versuch angelegt:

- SPS „neu“
- Luftporenbildner
- SPS aus 2002

Versuchsmaterial:

Versuchsmaterial waren *Zea mays* L. (Mais), *Hibiscus sabdariffa* (L.) (Bissap), *Citrullus lanatus* (Melonen, Pastéque), *Solanum melongena* (Auberginen) und *Arachis hypogaea* L. (Erdnuß).

Düngung:

Eine weitere Änderung gegenüber der 1. Versuchsreihe war die Düngung mit NPK-Dünger (10-10-20). Dieser Dünger wurde in Reihen kurze Zeit nach dem Auspflanzen in etwa 5 cm Tiefe eingearbeitet.

Datenerhebung:

Ermittelt wurden bei dieser Versuchsreihe Daten zu Wuchshöhe und zum Ertrag.

Ergebnisse:

Bissap:

Bei den Messungen der Sprossachse zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Beeten mit SPS-Zugabe und den Vergleichsbeeten. Signifikante Unterschiede sind festzustellen beim Ertrag,

⁸⁵ dieses Beet war das jeweilige Vergleichsbeet des Vorjahres.

wobei sich dieser zusammensetzt aus Blüten und Früchten. Sowohl die Beete mit einer SPS-Zugabe kurz vor dem Säen als auch bei einer SPS-Zugabe ein Jahr zuvor lieferten einen signifikant besseren Ertrag, als die Referenzbeete .

Mais:

Bei Mais konnte aufgrund externer Faktoren (Wassermangel) lediglich die Wuchshöhe ermittelt werden. Eine Fruchtbildung unterblieb aufgrund der Stresssituation. Es zeigt sich, dass die Pflanzen in den Beeten mit SPS-Zugabe 2003 („SPS neu“) die besten Resultate lieferten. Die Vergleichsbeete, eines mit Luftporenbildner, eines mit SPS aus dem Vorjahr (2002), blieben deutlich im Wachstum zurück.

Melonen:

Die Melonensamen keimten nicht aus.

Auberginen:

Die Ausfälle waren aufgrund des Wassermangels so groß, dass die Frauen die Beete neu mit Mais bepflanzen.

Erdnuß:

Auch die Erdnuss erbrachte keine statistisch auswertbaren Ergebnisse. Der Grund dafür liegt in der Anbauweise der Frauen. Sie gruben etwa 15 cm tiefe Löcher und legten die Samen hinein. Es wurden keine speziellen Beete vorbereitet, auch nicht der Boden gelockert. Die Pflanzen keimten zwar aus, gingen aber kurz nach der Aussaat zugrunde.

Insgesamt lässt das gewonnene Datenmaterial keinen Schluss darüber zu, ob SPS jährlich in den Boden eingemischt werden muss oder noch im Folgejahr bzw. in der Folgefrucht eine positive Wirkung zeigt.

Versuchsreihe IV

November 2003 – März 2004

Versuchsort Mbakhana

Die zentrale Fragestellung der vierten Versuchsreihe war, zu ermitteln wie hoch das Ertragsniveau liegt bei Verwendung eines Langzeitdüngers in Kombination mit SPS. Bezugsbasis waren prognostizierte ha Erträge und die Erträge in den Kontrollgruppen. Zweitens wurde untersucht inwieweit die in Versuchsreihe I erzielten Resultate auch für andere Sorten bzw. Gemüsearten Geltung haben. Für Gombo war die Fragestellung insofern erweitert, als wir untersuchten, ob die Keimung durch eine Vorbehandlung des Saatguts erhöht werden kann und ob durch die Verwendung einer an die „kühle“ Trockenzeit adaptierten Sorte ein azyklischer Anbau möglich wird.

Pro Beet wurden 10 Setzlinge bzw. Samen gepflanzt. Ausfälle wurden nur in den ersten 2 Wochen ersetzt. Gepflanzt wurden 3 Wiederholungen.

Versuchsordnung:

Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben		Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben	
17 g SPS/Pflanze	Kontrolle	17 g SPS/Pflanze	Kontrolle
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion

Tab. 19: Versuchsordnung zu Versuchsreihe IV

Versuchsmaterial:

Tomaten (Sorte Cerise), Gombo cv. Volta, Afrikanische Auberginen (Bittertomaten, Jaxatu) und Mais (lokales Saatgut).

Düngung:

Da die Versuchspflanzen in Versuchsreihe I und II offensichtliche Nährstoffmängel aufwiesen, wurde nun ein Mehrnährstoffdünger in Form eines Langzeitdüngers (NPK, 14-9-15 + Mg und Spurennährstoffe) verwendet, zusätzlich mit NPK 10-10-20 nachgedüngt.⁸⁶ Jede Tomatenpflanze erhielt 15 g eines Langzeitdüngers, wobei dieser direkt in den Wurzelraum eingemischt wurde. Nachgedüngt wurde mit je 5 g 10-10-20 in der 4. und 6. Woche nach Auspflanzung/Aussaat. Der Dünger wurde in Furchen eingearbeitet, die in etwa 10 cm Entfernung von den Pflanzen angelegt wurden.

Die Aufwandsmenge bei Jaxatu betrug 2 g des Langzeitdüngers pro Pflanze. Eine Nachdüngung erfolgte nicht. Gombo erhielt 1 g Langzeitdünger pro Pflanze. Nachgedüngt wurde mit 1 g 10-10-20 pro Pflanze. Mais wurde mit 22 g Langzeitdünger pro Pflanze gedüngt und mit 1 g 10-10-20 nachgedüngt.

Datenerhebung:

Die Daten wurde jeweils pro Pflanze erhoben und zwar Wuchshöhe und Ertrag. Letzterer war aufgeschlüsselt in Anzahl der geernteten Früchte und Gewicht.

Ergebnisse:

Diese Versuchsreihe war durch externe Faktoren (Nematodenbefall) so schwer beeinträchtigt, sodass das Datenmaterial unzureichend blieb. Die Ausfälle blieben zwar insgesamt gering, die Pflanzen waren jedoch in ihrer Vitalität beeinträchtigt. Dies drückte sich u. a. in einer deutlichen Verminderung der Blatt- und Sprossentwicklung aus. Die Folge war ein geringer Fruchtansatz. Im März waren die Pflanzen aller Arten bereits seneszent.

⁸⁶ Die angegebenen Düngermengen entsprechen 50% einer bedarfsgerechten Düngung. Diese Reduktion wurde von Herrn Prof. Dr. H. Hubacek vorgegeben.

Versuchsreihe V

November 2003 – Juni 2004

Versuchsort Ourourbe

Die Fragestellung der fünften Versuchsreihe konzentrierte sich auf die Untersuchung inwieweit SPS Ertragseinbußen bei Bewässerung mit salzbelastetem Wasser kompensieren kann.

Im November 2003 wurde daher ein mehrfaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die Beimengung von SPS (17 g/Pflanze) bzw. in den Kontrollgruppen (0 g SPS/Pflanze).
- Faktor zwei war die tägliche Bewässerungsmenge in drei Stufen:
 - Stufe 1: Standardgießmenge
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
- Faktor drei war die Wasserqualität

Pro Beet wurden 10 Setzlinge bzw. Samen gepflanzt. Ausfälle wurden nur in den ersten 2 Wochen ersetzt. Gepflanzt wurden 2 Wiederholungen.

Versuchsanordnung:

Süßwasser

Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben		Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben	
17 g SPS/Pflanze	Kontrolle	17 g SPS/Pflanze	Kontrolle
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion

Salzbelastetes Gießwasser

Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben		Mehrnährstoffdünger/Pfl. s. oben	
17 g SPS/Pflanze	Kontrolle	17 g SPS/ Pflanze	Kontrolle
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion

Tab. 20: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe V

Versuchsmaterial:

Tomaten (Sorte Cerise), Gombo cv. Volta, Afrikanische Auberginen (Bittertomaten, Jaxatu) und Mais (lokales Saatgut).

Düngung:⁸⁷

Wie in der parallel durchgeführten Versuchsreihe IV in Mbakhana, wurde ein Mehrnährstoffdünger in Form eines Langzeitdüngers (NPK 14-9-15 + Mg und Spurennährstoffe) verwendet und ebenfalls zusätzlich mit NPK 10-10-20 nachgedüngt.⁸⁸ Gedüngt wurde jede Tomatenpflanze mit 15 g eines Langzeitdüngers, wobei dieser direkt in den Wurzelraum eingemischt wurde. Nachgedüngt wurde mit je 5 g 10-10-20 in der 4. und 6. Woche, wobei der Dünger in Furchen eingearbeitet wurde, die in etwa 10cm Entfernung von den Pflanzen angelegt wurden.

Jaxatu wurde mit je 2 g des Langzeitdüngers pro Pflanze gedüngt, ohne Nachdüngung. Gombo wurde mit 1 g Langzeitdünger pro Pflanze gedüngt und einmal mit 1 g 10-10-20 pro Pflanze nachgedüngt. Mais wurde mit 22 g Langzeitdünger pro Pflanze gedüngt und mit 1 g 10-10-20 nachgedüngt.

Gießmodus:

Die Jungpflanzen wurden eine Woche nach dem Auspflanzen zum ersten Mal mit salzbelastetem Wasser bewässert. Während der gesamten Stehzeit wurde 1x pro Woche mit Flusswasser gegossen – dabei wurde die gleiche Menge zugegeben wie an den übrigen Tagen an salzbelastetem Wasser.

Datenerhebung:

Daten wurde jeweils pro Pflanze erhoben und zwar Wuchshöhe und Ertrag. Letzterer war aufgeschlüsselt in Anzahl der geernteten Früchte und Gewicht.

⁸⁷ Die Berechnung der Aufwandsmengen wurden von DI R. Jaudas durchgeführt.

⁸⁸ Auch die hier angegebenen Düngermengen entsprechen 50% einer bedarfsgerechten Düngung.

Ergebnisse:

Tomaten:



Abb. 45: Tomaten. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. Im Vordergrund: Standardbewässerung. Mittlere Beete: 75% der Standardgießmenge. Hintere Beete: 50% der Standardgießmenge. Links: ohne SPS. Rechts: mit SPS. (Zwiauer)

In diesem Feldversuch wurde Bewässerungswasser mit einer EC von 2,5 dS/m⁸⁹ verwendet. Bei dieser Wasserqualität muss üblicherweise mit etwa 25% Ertragsverlusten gerechnet werden.⁹⁰

Jene Pflanzen, bei denen SPS in den Boden eingemischt worden war, lieferten bei einer Bewässerung mit Flusswasser doppelt so hohe Erträge als jene in den Referenzbeeten.

In Bewässerungsstufe 2 liegt der Ertrag noch deutlich über jenem des Referenzbeetes mit Standardbewässerung.

In Bewässerungsstufe 3 weisen die Beete mit SPS-Behandlung einen ebenso hohen Ertrag auf wie das Referenzbeet in Bewässerungsstufe 1.

Bei einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser liegt der Ertrag in den SPS-Beeten in Bewässerungsstufe 1 etwas unter jenen, die ebenfalls SPS erhielten, aber mit Flusswasser bewässert wurden; die Werte übersteigen aber das Ertragsoptimum in den Referenzbeeten. In Bewässerungsstufe 2 liegt der Ertrag wiederum über jenem des Referenzbeetes, in Bewässerungsstufe 3 ist er gleich hoch.

⁸⁹ Wasser mit dieser Salzkonzentration wird als „moderat salzhaltig“ klassifiziert. s. Rhoades, J. D., & al., 1992: 7.

⁹⁰ s. dazu Baudoin, W. O. & al. (ed.), 1988

Jaxatu:



Abb. 46: Jaxatu. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. Im Vordergrund: Standardbewässerung. Mittlere Beete: 75% der Standardgießmenge. Hintere Beete: 50% der Standardgießmenge. Links: ohne SPS. Rechts: mit SPS. (Zwiauer)

Wie auch bei den Tomaten liegen die Erträge bei Jaxatu in den Beeten mit SPS-Behandlung über jenen der Referenzbeete. Das Ertragsoptimum findet sich im Beet mit Standardbewässerung.

Jene Pflanzen, die SPS erhielten, lieferten bei einer Bewässerung mit Flusswasser doppelt so hohe (mittlere) Erträge (0,4 kg/Pflanze) als jene in den Referenzbeeten (0,2 kg/Pflanze) (beide Bewässerungsstufe 1). In Bewässerungsstufe 2 weist das Referenzbeet nur noch 0,1 kg/Pflanze auf, das SPS-Beet dagegen 0,35 kg/Pflanze.

Bei Reduktion der täglichen Gießmengen fallen die Erträge zwar ab, liegen in den Beeten mit SPS-Behandlung aber über jenen der jeweiligen Referenzbeete bzw. bei einer Bewässerung mit 75% der Standardgießmenge und SPS Behandlung auch über den Werten aus dem Referenzbeet mit Standardbewässerung.

Bei einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser weist das Beet aus Bewässerungsstufe 2 und SPS-Zugabe den Höchstertrag (mittlere) Ertrag von 0,2 kg/Pflanze (Gesamtertrag: 5,3 kg/ 20 Pflanzen), während im Referenzbeet aus Bewässerungsstufe 1 der mittlere Ertrag bei 0,1 kg/Pflanze liegt (Gesamtertrag: 2,3 kg/20 Pflanzen). Der Ertrag im SPS-Beet ist folglich doppelt so hoch, verglichen mit dem Referenzbeet .

Vergleicht man das Beet mit Höchstertrag aus der mit SPS behandelten Gruppe (salzbelastetes Wasser) mit jenem Referenzbeet, welches in der Gruppe, die mit Flusswasser bewässert wurde, einen Höchstertrag lieferte, so weisen beide Beete einen etwa gleich hohen Ertrag auf.

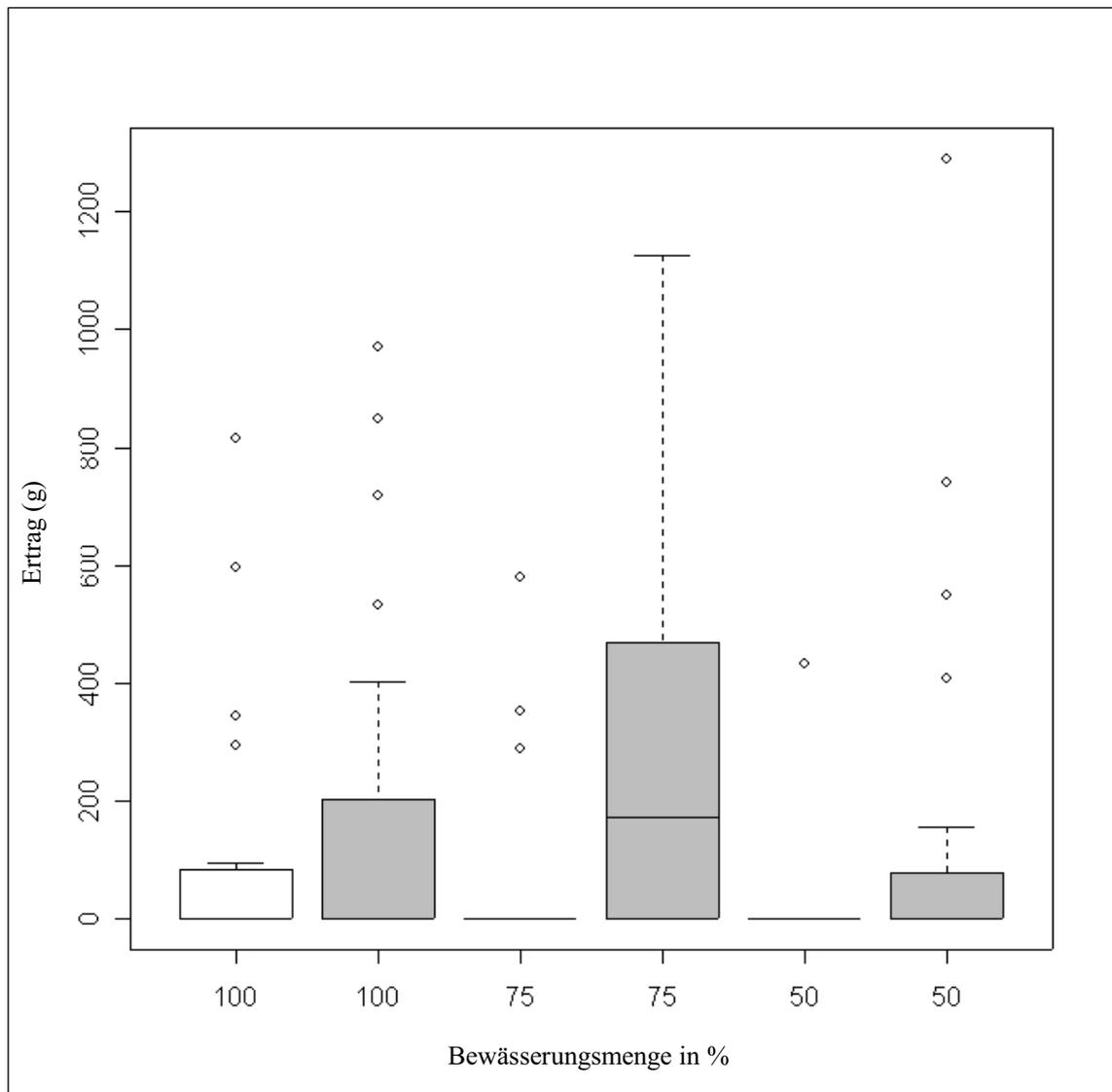


Abb. 47: Boxplott. Erträge (beziehen sich jeweils auf 20 Pflanzen) bei Jaxatu. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. (Quelle: H. Riedmann)⁹¹

Legende:

Ohne SPS 
 Mit SPS: 

In Bewässerungsstufe 3 liegt der Gesamtertrag im SPS-Beet mit 3,1 kg/20 Pflanzen (Mittelwert: 0,15 kg/Pflanze) etwa gleich hoch wie das Referenzbeet aus der Bewässerungsstufe 1.

Die Erträge fallen in den Beeten ohne SPS-Zugabe zurück, sobald die täglichen Wassermengen reduziert werden (Bewässerungsstufe 1: 0,1 kg/Pflanze; Bewässerungsstufe 2: 0,06 kg/Pflanze; Bewässerungsstufe 3: 0,02 kg/Pflanze;

⁹¹ Materialienband zur statistischen Auswertung

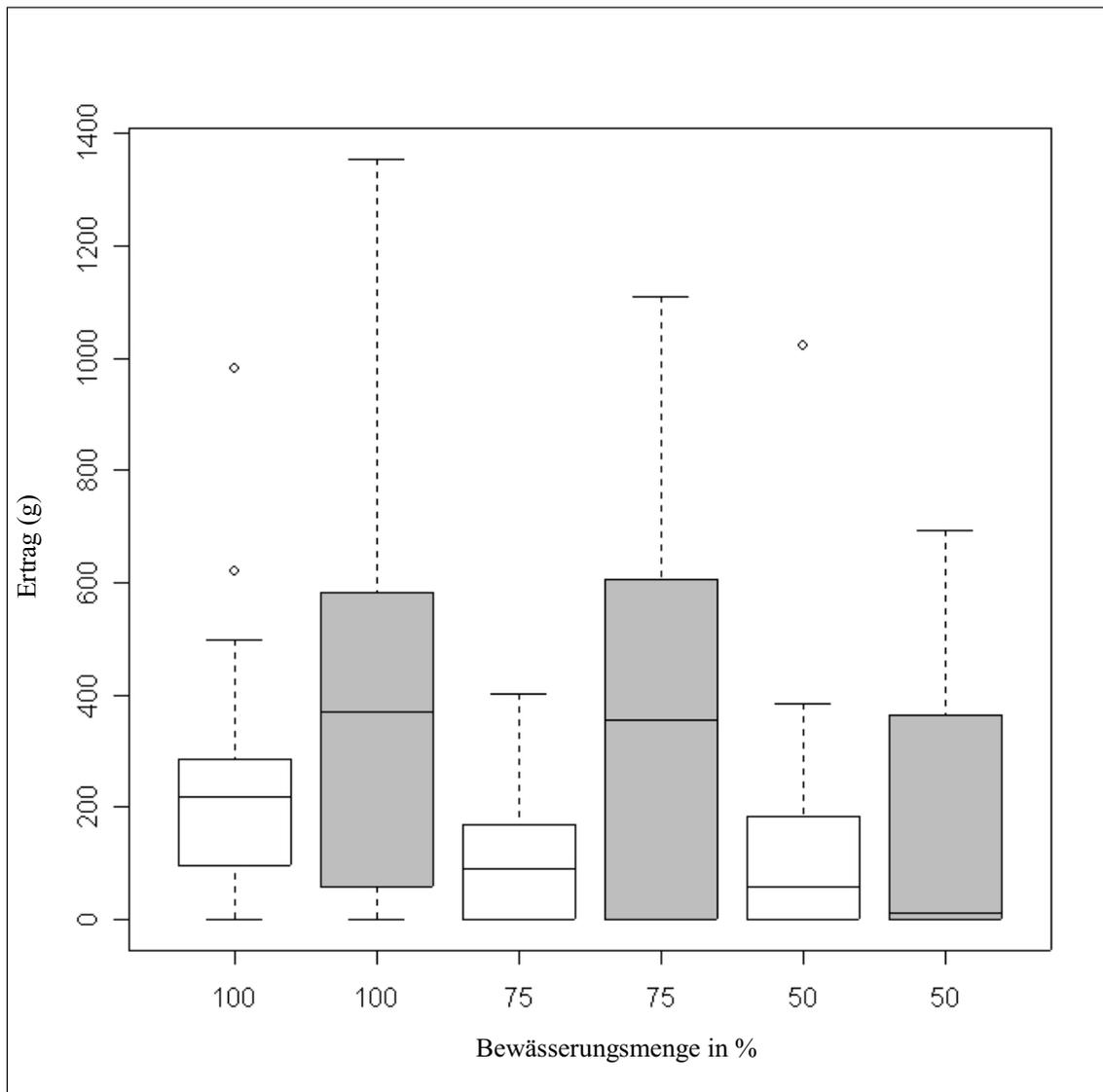


Abb. 48: Boxplott Erträge bei Jaxatu. Bewässerung mit Flusswasser (Quelle: H. Riedmann)

Legende:

Ohne SPS: 
 Mit SPS: 

Gombo und Mais lieferten keine nennenswerten Erträge, sowohl in den Kontrollgruppen als auch in den SPS-Beeten. Für Gombo hat sich wiederum bestätigt, dass es überaus schwierig ist, eine Sorte zu finden, die an die „kühlen“ Temperaturen nach der Regenzeit angepasst ist. Dadurch ist ein azyklischer Anbau nicht möglich.

Mais zeigte ebenfalls nur einen geringen Fruchtansatz.

Bodenuntersuchungen:

Betrachtet man die Daten der Bodenuntersuchungen, die zwischen November 2003 und Februar 2005 im Rahmen dieser Versuchsreihe durchgeführt wurden, so zeigt sich dass sowohl die Kationenaustauschkapazität (KAK) in den mit SPS behandelten Beeten in der Mehrzahl der Einzelproben während der

Stehzeit der Kulturen ansteigt (s. dazu Tabellen auf den nachfolgenden Seiten), als auch die pflanzenverfügbaren Nährstoffe wie P und K verglichen mit den Proben aus den Referenzbeeten.

Dieser Effekt ist sowohl in den Reihen mit einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser, als auch bei jenen, die mit Flusswasser bewässert worden waren, zu beobachten. Dies zeigt sich sowohl bei den Tomaten, als auch bei Jaxatu.

In jenen Beeten, die mit SPS und salzbelastetem Wasser bewässert wurden, steigt besonders der Wert für das pflanzenverfügbare Kalium deutlich an.

In den Beeten mit Salzwasserbewässerung sind die Salzkonzentrationen im Wurzelbereich sowohl in den SPS-Beeten, als auch in den Referenzbeeten noch erhöht.

Die erhöhten Salzkonzentrationen, die bereits während der Stehzeit der Kulturen vorhanden waren, führten, wie bereits oben beschrieben, jedoch in den SPS-Beeten nicht zu Ertragseinbußen,

Ein Jahr nach Einbringung des SPS in die Beete mit Flusswasserbewässerung fallen die Werte zurück. In den Beeten, die mit salzbelastetem Wasser gegossen wurden, sind die Werte erhöht, gehen aber kontinuierlich zurück, wie die Proben, die 2006 gezogen wurden, gezeigt haben.

Die Bodenuntersuchungen zeigen auch, dass die chemische Stabilität des SPS hinsichtlich einer Aluminium-Ionenabgabe, sowohl in den mit SPS behandelten Beeten als auch in den Referenzbeeten, einen unveränderten Aluminium-Wert aufweisen.⁹²

Die Wirksamkeit der SPS-Pufferwirkung drückt sich im unveränderten Protonengehalt der Böden aus.⁹³

⁹² Schrift. Mittlg. H. Hubacek

⁹³ Schrift. Mittlg. H. Hubacek

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Flusswasser: Standardgießmenge																
Düngung: Langzeitdünger, kein organischer Dünger																
Stehzeit der Kultur: November 2003 – Juli 2004. Keine Folgefrucht																
Beet nr.:	Datum Probenahme	Varianten	Kultur	pH	KAK cmol+/kg	Ca cmol+/kg	Mg cmol+/kg	K cmol+/kg	Na cmol+/kg	Fe cmol+/kg	Mn cmol+/kg	Al cmol+/kg	H cmol+/kg	N mg/kg/7d	Humus-gehalt %	
204	11.2003			6,6	2,7	<1	-	<0,25	-	-	-	-	-	-	-	0,2
201	03.2004	Kontr.	Tomaten	6,4	2,4	<3	<1	0,3	<0,15	<0,08	0,03	<0,55	<0,02	<10	0,3	
201	02.2005*	Kontr.	Tomaten	6,4	2,3	<3	<1	0,3	<0,15	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	<10	0,2	
204	02.2005*	SPS	Tomaten	5,3	3,3	<3	<1	0,3	<0,15	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	<10	0,3	
228	03.2004	SPS	Tomaten	5,8	3,4	<3	<1	0,5	0,3	<0,08	0,03	<0,55	<0,02	93	0,3	
207	05.2004	Kontr.	Jaxatu	6,0	3,1	<3	<1	<0,25	0,2	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	<10	0,2	
231	03.2004	Kontr.	Jaxatu	6,4	3,0	<3	<1	<0,25	<0,15	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	<10	0,2	
234	05.2004	SPS	Jaxatu	6,0	7,6	3,6	1,9	1,4	0,5	<0,08	0,06	<0,55	<0,02	117	0,8	

Tab. 21

Flusswasser: Standardgießmenge													
Pflanzenverfügbare Nährstoffe													
Beet nr.:	Datum Probenahme	Varianten	Kultur	elektr. Leitf. µS/cm	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	
201	03.2004	Kontr.	Tomaten	70	26	114	54	20	43	4	2	<0,2	
201	02.2005*	Kontr.	Tomaten	90	<20	94	77	<20	53	3	2	<0,2	
204	02.2005*	SPS	Tomaten	48	15	101	83	21	63	3	2	<0,2	
228	03.2004	SPS	Tomaten	182	44	181	83	<20	50	<2	1	0,4	
207	05.2004	Kontr.	Jaxatu	59	14	<40	85	<20	48	<2	1	<0,2	
231	03.2004	Kontr.	Jaxatu	57	<20	<40	74	<20	56	<2	1	<0,2	
234	05.2004	SPS	Jaxatu	312	110	419	146	63	54	2	1	1,1	

Tab. 21a

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

salzbelastetes Gießwasser: Standardgießmenge		Düngung: Langzeitdünger, kein organischer Dünger zugesetzt													
Stehzeit der Kultur: November 2003 – Juli 2004. Keine Folgefrucht															
Beet nr.:	Datum Probe-nahme	Vari-anten	Kultur	pH	KAK cmol+/kg	Ca cmol+/kg	Mg cmol+/kg	K cmol+/kg	Na cmol+/kg	Fe cmol+/kg	Mn cmol+/kg	Al cmol+/kg	H cmol+/kg	N mg/kg/7d	Humus-gehalt %
249	03.2004	Kontr.	Tomaten	6,2	3,8	<3	<1	0,4	0,7	<0,08	0,05	<0,55	<0,02	17	0,3
249	02.2005*	Kontr.	Tomaten	6,1	4,4	<3	<1	<0,25	1,0	<0,08	0,03	<0,55	<0,02	<10	0,2
276	03.2004	SPS	Tomaten	5,8	6,2	3,6	1,1	0,4	1,1	<0,08	0,06	<0,55	<0,02	38	0,4
276	03.2004	SPS	Tomaten	6,5	9,7	5,9	1,8	0,6	1,5	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	28	0,3
252	03.2004	SPS	Tomaten	5,7	4,9	<3	<1	0,7	1,1	<0,08	0,08	<0,55	<0,02	110	0,4
252	03.2004	SPS	Tomaten	5,5	5,5	<3	1,1	0,5	1,1	<0,08	0,12	<0,55	<0,02	57	0,3
252	02.2005*	SPS	Tomaten	5,7	4,4	<3	<1	0,3	0,9	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	<10	<0,2
255	07.2004	Kontr.	Jaxatu	5,5	5,3	<3	1,2	0,6	0,7	<0,08	0,09	<0,55	<0,02	-	0,4
255	07.2004	Kontr.	Jaxatu	5,7	5,8	<3	1,2	0,8	1,0	<0,08	0,08	<0,55	<0,02	-	0,4
258	07.2004	SPS	Jaxatu	5,8	9,2	4,5	2,2	0,8	1,5	<0,08	0,08	<0,55	<0,02	45	0,7
282	07.2004	SPS	Jaxatu	5,8	11,8	5,9	2,5	0,9	2,4	<0,08	0,07	<0,55	<0,02	68	0,6
282	07.2004	SPS	Jaxatu	7,5	11,6	9,3	1,2	<0,25	1,0	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	-	0,3
282	07.2004	SPS	Jaxatu	7,6	11,7	9,8	1,2	<0,25	0,5	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	-	0,3

Tab. 22

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

salzbelastetes Gießwasser: Standardgießmenge												
Düngung: Langzeitdünger, kein organischer Dünger												
Stehzeit der Kultur: November 2003 – Juli 2004. Keine Folgefurcht												
Pflanzenverfügbare Nährstoffe												
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	elektr. Leitf. µS/cm	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
249	03.2004	Kontr.	Tomaten	124	<20	108	84	<20	62	2	1	<0,2
249	02.2005*	Kontr.	Tomaten	126	<20	84	97	<20	66	3	2	0,2
276	03.2004	SPS	Tomaten	204	43	135	117	24	81	<2	1	0,4
276	03.2004	SPS	Tomaten	335	59	183	183	33	110	<2	2	0,6
252	03.2004	SPS	Tomaten	291	79	233	114	24	41	3	2	0,7
252	03.2004	SPS	Tomaten	250	59	185	104	25	50	2	2	0,5
252	02.2005*	SPS	Tomaten	121	15	93	108	<20	62	2	2	<0,2
255	07.2004	Kontr.	Jaxatu	131	38	250	116	21	36	<2	1	0,4
255	07.2004	Kontr.	Jaxatu	185	55	285	121	26	37	<2	2	0,5
282	05.2004	SPS	Jaxatu	528	105	317	239	75	105	3	2	1,2
258	05.2004	SPS	Jaxatu	349	53	210	173	35	57	<2	1	0,8
282	02.2005*	SPS	Jaxatu	161	<20	67	112	24	183	2	1	0,6

Tab. 23

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

salzbelastetes Gießwasser, Standardgießmenge		Düngung: Langzeitdünger, kein organischer Dünger													
Stehzeit der Kultur: November 2003 – Juli 2004. Keine Folgefrucht															
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	pH	KAK cmol+/ kg	Ca cmol+/ kg	Mg cmol+/ kg	K cmol+ /kg	Na cmol+/ kg	Fe cmol+/ kg	Mn cmol+/ kg	Al cmol+/ kg	H cmol+/ kg	N mg/ kg/7d	Humus- gehalt %
249 vor	03.2004	Kontr.	Tomaten	6,2	3,8	<3	<1	0,4	0,7	<0,08	0,05	<0,55	<0,02	17	0,3
249 nach ⁹⁴	03.2004	Kontr.	Tomaten	5,7	3,7	<3	<1	<0,25	0,8	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	<10	0,3
273 vor	03.2004	Kontr.	Tomaten	6,4	6,3	3,3	1,2	<0,25	1,5	<0,08	0,03	<0,55	<0,02	11	0,2
273 nach	03.2004	Kontr.	Tomaten	6,6	6,8	3,9	1,4	<0,25	1,3	<0,08	0,02	<0,55	<0,02	<10	0,3
252 vor	03.2004	SPS	Tomaten	5,7	4,9	<3	<1	0,7	1,1	<0,08	0,08	<0,55	<0,02	110	0,4
252 nach	03.2004	SPS	Tomaten	5,5	5,5	<3	1,1	0,5	1,1	<0,08	0,12	<0,55	<0,02	57	0,3
276 vor	03.2004	SPS	Tomaten	5,8	6,2	3,6	1,1	0,4	1,1	<0,08	0,06	<0,55	<0,02	38	0,4
276 nach	03.2004	SPS	Tomaten	6,5	9,7	5,9	1,8	0,6	1,5	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	28	0,3

Tab. 24

⁹⁴ „nach“ bedeutet, dass am Vortag mit Flusswasser gegossen wurde. „vor“ bedeutet, dass eine Woche mit salzbelastetem Wasser gegossen wurde

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

salzbelastetes Gießwasser , Standardgießmenge												
Stezeit der Kultur: November 2003 – Juli 2004: Keine Folgefrucht												
Pflanzenverfügbare Nährstoffe												
Beet nr.:	Datum Probe-nahme	Vari-anten	Kultur	elektr. Leitf. $\mu\text{S/cm}$	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
249 vor	03.2004	Kontr.	Tomaten	124	<20	108	84	<20	62	2	1	<0,2
249 nach	03.2004	Kontr.	Tomaten	129	25	69	86	21	53	<2	1	<0,2
273 vor	03.2004	Kontr.	Tomaten	207	<20	71	133	<20	93	<2	1	0,2
273 nach	03.2004	Kontr.	Tomaten	161	25	69	143	23	99	<2	1	0,3
252 vor	03.2004	SPS	Tomaten	291	79	233	114	24	41	3	2	0,7
252 nach	03.2004	SPS	Tomaten	250	59	185	104	25	50	2	2	0,5
276 vor	03.2004	SPS	Tomaten	204	43	135	117	24	81	<2	1	0,4
276 nach	03.2004	SPS	Tomaten	335	59	183	183	33	110	<2	2	0,6

Tab. 21- 25: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus Versuchsreihe V

Versuchsreihe VI

März 2004 – August 2004

Versuchsort Mbakhana

Ziel der sechsten Versuchsreihe war es, zu untersuchen inwieweit die Wasser- und Düngemittelverbrauch-Ertrags-Relation durch SPS positiv beeinflusst werden kann.

Zu Beginn der heißen Trockenzeit wurde dazu ein mehrfaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die zugegebene Menge Mehrnährstoffdünger in vier Stufen:
 - Stufe 1: bedarfsgerechte Düngung
 - Stufe 2: 40% Reduktion
 - Stufe 3: 80% Reduktion
 - Stufe 4: 100% Reduktion = keine Düngung
- Faktor zwei war die tägliche Bewässerungsmenge in zwei Stufen:
 - Stufe 1: Standardgießmenge,
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
- Faktor drei die Beimengung von SPS (17 g/Pflanze) bzw. in den Kontrollgruppen (0 g SPS/Pflanze).

Im Unterschied zu den vorangegangene Feldversuchen wurde der Mehrnährstoffdünger 10-10-20 und ein Blattdünger verwendet.

Als Richtwerte (Standardmenge) dienten die Angaben von CIRAD⁹⁵ bzw. SAED⁹⁶ (s. dazu auch Pkt. „Düngung“)

Es wurden jeweils 10 Setzlinge pro Beet verwendet, gepflanzt wurden 3 Wiederholungen.

⁹⁵ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

⁹⁶ Société nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve Sénégal

Versuchsordnung:

Standardgießmenge	Silikatsubstrat: 17 g/Pflanze		Kontrolle	
	Düngung		Düngung	
	NPK-Düngung	Organische Düngung	NPK-Düngung	Organische Düngung
	bedarfsgerechte Düngung	Organische Düngung	bedarfsgerechte Düngung	Organische Düngung
	40% Reduktion	Organische Düngung	40% Reduktion	Organische Düngung
	80% Reduktion	Organische Düngung	80% Reduktion	Organische Düngung
	keine Düngung	Organische Düngung	keine Düngung	Organische Düngung
	keine Düngung	keine Düngung	keine Düngung	keine Düngung
75% der Standardgießmenge	Silikatsubstrat: 17 g/Pflanze		Kontrolle	
	Düngung		Düngung	
	NPK-Düngung	Organische Düngung	NPK-Düngung	Organische Düngung
	bedarfsgerechte Düngung	+	bedarfsgerechte Düngung	+
	40% Reduktion	+	40% Reduktion	+
	80% Reduktion	+	80% Reduktion	+
	keine Düngung	+	keine Düngung	+
	keine Düngung	keine Düngung	keine Düngung	keine Düngung

Tab. 26: Versuchsordnung zu Versuchsreihe VI

Versuchsmaterial:

Verwendet wurden Tomaten der Sorte F1 Mongal und Auberginen der Sorte Kalenda.

Düngung:⁹⁷

Tomaten

Zeitpunkt	Organischer Dünger	NPK/Pflanze	Blattdünger/Pflanze
2 Wochen vor der Pflanzung	2 kg/m ²		
3 Tage vor der Pflanzung		Stufe 1: 33 g Stufe 2: 19,8 g Stufe 3: 6,6 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
14 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 20 g Stufe 2: 12 g Stufe 3: 4 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
28 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 20 g Stufe 2: 12 g Stufe 3: 4 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
42 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 20 g Stufe 2: 12 g Stufe 3: 4 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
2 Monate nach der Pflanzung			Stufe 1: 1,1 ml Stufe 2: 0,7 ml Stufe 3: 0,2 ml Stufe 4: - Stufe 5: -
3 Monate nach der Pflanzung			Stufe 1: 1,1 ml Stufe 2: 0,7 ml Stufe 3: 0,2 ml Stufe 4: - Stufe 5: -

Tab. 27: Übersicht über den Düngemodus der Versuchsreihe VI

⁹⁷ Die Berechnung der Aufwandsmengen wurden von DI R. Jaudas durchgeführt.

Auberginen

Zeitpunkt	Organischer Dünger	NPK/Pflanze	Blattdünger/Pflanze
2 Wochen vor der Pflanzung	2 kg/m ²		
3 Tage vor der Pflanzung		Stufe 1: 31 g Stufe 2: 18,6 g Stufe 3: 6,2 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
14 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 16 g Stufe 2: 10 g Stufe 3: 3,5 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
28 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 16 g Stufe 2: 10 g Stufe 3: 3,5 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
42 Tage nach der Pflanzung		Stufe 1: 16 g Stufe 2: 10 g Stufe 3: 3,5 g Stufe 4: 0 g Stufe 5: 0 g	
2 Wochen nach der Pflanzung			Stufe 1: 1,1 ml Stufe 2: 0,7 ml Stufe 3: 0,2 ml Stufe 4: - Stufe 5: -
4 Wochen nach der Pflanzung			Stufe 1: 1,1 ml Stufe 2: 0,7 ml Stufe 3: 0,2 ml Stufe 4: - Stufe 5: -
3 Monate nach der Pflanzung			Stufe 1: 1,1 ml Stufe 2: 0,7 ml Stufe 3: 0,2 ml Stufe 4: - Stufe 5: -

Fortsetzung Tab. 27

Datenerhebung:

Daten wurde jeweils pro Pflanze erhoben und zwar Wuchshöhe und Ertrag. Letzterer war aufgeschlüsselt in Anzahl der geernteten Früchte und Gewicht.

Ergebnisse:

Tomaten:



Abb. 49: Versuchsreihe VI. Im Vordergrund Beete mit organischer Düngung, ohne NPK-Dünger. Im Hintergrund bedarfsgerechte Düngung. (R. Jaudas)

Bei den Tomaten konnte in den Beeten aus Düngestufe 2, Bewässerungsstufe 1 und SPS-Zugabe ein (mittlerer) Höchstertag von 1,6 kg/Pflanze erzielt werden. 1,5 kg/Pflanze (Mittelwert) weisen die Beete aus Düngestufe 2, Bewässerungsstufe 1, ohne SPS (Referenzbeet) auf.

Darunter liegen die Beete aus Düngestufe 1, mit (1,1 kg) und ohne SPS-Zugabe (1,3 kg) (Referenzbeet), d. h. in Stufe 1 (= höchste Aufwandsmenge) tritt ein Ertragsabfall, sowohl in den Referenzbeeten als auch in den mit SPS behandelten Beeten auf.

Wir können davon ausgehen, dass in dieser Stufe bereits ein unharmonisches Nährstoffverhältnis⁹⁸ vorhanden war.

Bemerkenswert ist das Ergebnis aus Düngestufe 4 (organische Düngung), bei der nur noch ein mittlerer Wert von 0,3 kg/Pflanze erzielt wird (mit und ohne SPS-Zugabe), d. h. bei organischer Düngung ohne Zugabe von Mineraldünger, fällt das Ertragsniveau sowohl im Referenzbeet als auch im SPS-Beet zurück. Dies obwohl davon ausgegangen wird, dass organische Düngung die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Sandböden verbessert und damit auch das Pflanzenwachstum.⁹⁹

⁹⁸ s. Knittel, H.; Albert, E., 2003.

⁹⁹ s. Sabrah, R., E., A., Ghoneim, M., F., Abd El-Magis, H., M., 1993

Wurde nur eine kleine Menge Mineraldünger (Düngestufe 3) zugegeben, steigt der mittlere Ertrag auf 0,9 kg/Pflanze an.

Auberginen:



Abb. 50: Versuchsreihe VI. Im Vordergrund Beete mit organischer Düngung, ohne NPK-Dünger. Im Hintergrund bedarfsgerechte Düngung. (R. Jaudas)

Bei den Auberginen lag der mittlere (Höchst-) ertrag bei 1 kg/Pflanze in Düngestufe 1, Bewässerungsstufe 1, ohne SPS-Zugabe (Referenzbeet). Das SPS Beet (gleiche Anordnung) liegt mit 0,83 kg/Pflanze etwas darunter.

In den Düngestufen 2-5 fallen die Erträge sukzessive ab.

Auch hier zeigt sich, dass eine organische Düngung ohne Mineraldünger nicht ausreichend ist.

Die Erträge liegen auch in den Bewässerungsstufen 2 in den Erträgen unterhalb den Referenzbeeten aus den Bewässerungsstufen 1. Eine Wassereinsparung durch SPS kann unter den gegebenen Bedingungen nicht festgestellt werden.

Sowohl Tomaten, als auch Auberginen weisen ein vergleichbares Ergebnis auf.

Versuchsreihe VII

Juli 2004 – September 2004

Versuchsort Ourourbe

Die siebte Versuchsreihe wurde aufgrund der überaus aufwändigen Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrates und der Bedenken der lokalen Mitarbeiter gegen den Luftporenbildner durchgeführt. Dabei sollte überprüft werden, ob die bereits zu Beginn der Feldversuche vorgegebene Mischtechnik und der Einbringungsmodus vereinfacht werden können, da sie sich für die Praxis als eher ungeeignet erwiesen.

Im Juli 2004 zu Beginn der Regenzeit wurde daher ein mehrfaktorieller Versuch angelegt:

- Faktor eins war die Mischtechnik für das Pflanzensubstrat
- Faktor zwei der Einbringungsmodus
- Faktor drei war der Düngungsmodus
- Faktor vier war die tägliche Bewässerungsmenge in zwei Stufen:
 - Stufe 1: Standardgießmenge,
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
- Faktor fünf war die Beimengung von SPS (17 g/Pflanze) bzw. in den Kontrollgruppen (0 g SPS/Pflanze).
- Faktor sechs war die Wasserqualität

Pro Beet wurden 10 Setzlinge gepflanzt. Ersetzt wurden Ausfälle ebenfalls nur in der ersten beiden Wochen. Gepflanzt wurden 3 Wiederholungen.

Versuchsordnung:

Bewässerung mit Flusswasser

		SPS -Beete				Kontrolle
		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	
Standardgießmenge	Mischtechnik	SPS mit Luftporenbildner vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	Standardpflanzung
	Einbringungsmodus	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	
	Düngungsmodus	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	50% der Düngemenge 3 Tage vor der Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 3 Tage vor der Pflanzung eingearbeitet

		SPS-Beete				Kontrolle
		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	
75% der Standardgießmenge	Mischtechnik	SPS + Luftporenbildner vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	Standardpflanzung
	Einbringungsmodus	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	
	Düngungsmodus	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	50% der Düngemenge 3 Tage vor Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 3 Tage vor der Pflanzung eingearbeitet

Tab. 28: Versuchsordnung zu Versuchsreihe VII

Bewässerung mit salzbelastetem Wasser

		SPS-Beete				Kontrolle
		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	
Standardgießmenge	Mischtechnik	SPS mit Luftporenbildner vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	SPS mit Erdsubstrat vermischt	Standardpflanzung
	Einbringungsmodus	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	
	Düngungsmodus	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	50% der Düngemenge 3 Tage vor Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 3 Tage vor der Pflanzung eingearbeitet

		SPS-Beete				Kontrolle
		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	
75% der Standardgießmenge	Mischtechnik	SPS + Luftporenbildner vermischt Kontrolle: Standardpflanzung	SPS mit Erdsubstrat vermischt Kontrolle: Standardpflanzung	SPS mit Erdsubstrat vermischt. Kontrolle: Standardpflanzung	SPS mit Erdsubstrat vermischt.	Standardpflanzung
	Einbringungsmodus	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	
	Düngungsmodus	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	2 Wochen nach der Pflanzung	50% der Düngemenge 3 Tage vor Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 3 Tage vor der Pflanzung eingearbeitet

Fortsetzung zu Tab. 28

Versuchsmaterial:

Tomaten (F1 Mongal)

Düngung:

Gedüngt wurde mit 31 g NPK/Pflanze (s. dazu auch Versuchsdesign). Es wurden weder organischer Dünger noch Blattdünger verwendet.

Datenerhebung:

Erhoben werden sollten Wuchshöhe und Ertrag (s. Ergebnisse).

Statistische Auswertung:

Die Versuchsreihe VII konnte nicht ausgewertet werden, weil im September 2004 ein Heuschreckenschwarm die gesamte Vegetation in der Region vernichtet hat. Nach Angaben der FAO¹⁰⁰ handelte es sich dabei um die schwerste Heuschreckenplage in der Sahelzone seit 15 Jahren. Die Pflanzen hatten zu diesem Zeitpunkt die reproduktive Phase erreicht. Daten zum Ertrag liegen keine vor.



Abb. 51: Heuschrecken auf Maniok (H. Geisslhofer)

¹⁰⁰ Food and Agriculture Organization of the United Nations

Versuchsreihe VIIa (Wiederholung der Versuchsreihe VII)

Februar 2005 – August 2005

Versuchsort Ourourbe

Die Zielsetzung der Wiederholung der Versuchsreihe VII war, zu untersuchen, welchen Einfluss eine Modifizierung der Produktionsfaktoren Düngung, Düngetechnik und sowie der Mischtechnik des Pflanzensubstrats und des Einbringungsmodus in Kombination mit SPS auf den Ertrag haben.

Dazu wurde Ende Februar 2005 ein mehrfaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die Mischtechnik für das Pflanzensubstrat
- Faktor zwei der Einbringungsmodus
- Faktor drei war der Düngungsmodus
- Faktor vier war die tägliche Bewässerungsmenge in zwei Stufen:
 - Stufe 1: Standardgießmenge,
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
- Faktor fünf war die Beimengung von SPS (20 g/Pflanze) bzw. in den Kontrollgruppen (0 g SPS/Pflanze).
- Faktor sechs war die Wasserqualität

Der Faktor Düngung wurde in zweifacher Form modifiziert:

Einerseits wurden in Ourourbe erstmals höheren Düngemengen verwendet, , zum anderen wurde die Düngetechnik modifiziert, d. h. der Dünger wurde direkt in das SPS eingemischt.

Pro Beet wurden 10 Setzlinge gepflanzt. Ersetzt wurden Ausfälle ebenfalls nur in der ersten beiden Wochen. Gepflanzt wurden 3 Wiederholungen.

Versuchsordnung:

Bewässerung mit Flusswasser

		SPS –Beete (alle Mengenangaben bezogen auf ein Beet)					Kontrolle
Standardgliedermenge		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	Variante V	
Mischtechnik		50 g NPK, 200 g SPS und Luftporenbildner vermischt	wie Variante I, ohne Luftporenbildner	SPS mit Erdsubstrat vermischt	100 g NPK und 200 g SPS mit 20 Liter Erdsubstrat vermischt	50 g NPK und 200 g SPS mit 20 Liter Erdsubstrat vermischt	Standardpflanzung
Pflanztechnik		Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	Furchen	Pflanzlöcher
Düngung		150 g NPK-Dünger pro Beet wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	150 g NPK-Dünger pro Beet wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	200 g NPK 1 Tag nach der Pflanzung in Düngefurchen eingearbeitet	100 g NPK der Düngemengen 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	2 Wochen vor der Pflanzung eine 10 cm hohe Schicht aus organischem Dünger anlegen	Dünger 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet

		SPS – Beete (alle Mengenangaben bezogen auf ein Beet)					Kontrolle
75% der Standardgliedermenge		Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	Variante V	
Mischtechnik		50 g NPK, 200 g SPS und Luftporenbildner vermischt	wie Variante I, ohne Luftporenbildner	SPS mit Erdsubstrat vermischt	100 g NPK und 200 g SPS pro Pflanze mit 20 Liter Erdsubstrat vermischt	50 g NPK und 200 g SPS mit 20 Liter Erdsubstrat vermischt	Standardpflanzung
Pflanztechnik		Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	Furchen	Pflanzlöcher
Düngung		150 g NPK-Dünger wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	150 g NPK-Dünger wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	200 g NPK 1 Tag nach der Pflanzung in Düngefurchen eingearbeitet	100 g NPK der Düngemengen 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	2 Wochen vor der Pflanzung eine 10 cm hohe Schicht aus organischem Dünger anlegen	Dünger 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet

Tab. 29: Versuchsordnung zu Wiederholung der Versuchsreihe VII

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Bewässerung mit salzbelastetem Wasser

		SPS –Beete (alle Mengenangaben bezogen auf ein Beet)				Kontrolle
Standardgiftsmenge		Variante 1	Variante II	Variante III	Variante IV	
Mischtechnik		50 g NPK, 200 g SPS und Luftporenbildner vermischt	wie Variante I, ohne Luftporenbildner	SPS mit Erds substrat vermischt	100 g NPK und 200 g SPS mit 20 Liter Erds substrat vermischt.	Standardpflanzung
Pflanztechnik		Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	Pflanzlöcher
Düngung		150 g NPK-Dünger pro Beet wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	150 g NPK-Dünger pro Beet wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	200 g NPK 1 Tag nach der Pflanzung in Düngefurchen eingearbeitet	100 g NPK der Düngemengen 1 Tag nach Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet

		SPS-Beete				Kontrolle
75% der Standardgiftsmenge		Variante 1	Variante II	Variante III	Variante IV	
Mischtechnik		50 g NPK, 200 g SPS und Luftporenbildner vermischt	wie Variante I, ohne Luftporenbildner	SPS mit Erds substrat vermischt	100 g NPK und 200 g SPS pro Pflanze mit 20 Liter Erds substrat vermischt.	Standardpflanzung
Pflanztechnik		Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Furchen	Furchen	Pflanzlöcher
Düngung		150 g NPK-Dünger wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	150 g NPK-Dünger wurde 1 Tag nach der Pflanzung in Dünge-Furchen eingearbeitet	200 g NPK 1 Tag nach der Pflanzung in Düngefurchen eingearbeitet	100 g NPK d. Düngemengen 1 Tag nach Pflanzung eingearbeitet, 50% in SPS eingemischt	Dünger 1 Tag nach der Pflanzung eingearbeitet

Fortsetzung der Tab. 29

Versuchsmaterial:

Als Versuchsmaterial wurden *Lycopersicon esculentum* (Tomaten) der Sorte Mongal F1 verwendet.

Düngung:

	Variante	NPK (10 10 20)	Blattdünger	URÉE (Harnstoff)
20 Tage nach der Pflanzung	I	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	II	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	III	25 g/Beet	2 ml/Beet	
	IV	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	V	120 g/Beet	11 ml/Beet	
35 Tage nach der Pflanzung	I	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	II	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	III	25 g/Beet	2 ml/Beet	
	IV	120 g/Beet	11 ml/Beet	
	V	120 g/Beet	11 ml/Beet	
50 Tage nach der Pflanzung	I	120 g/Beet		
	II	120 g/Beet		
	III	25 g/Beet		
	IV	120 g/Beet		
	V	120 g/Beet		
70 Tage nach der Pflanzung	I			24 g/Beet
	II			24 g/Beet
	III			5 g/Beet
	IV			24 g/Beet
	V			24 g/Beet
85 Tage nach der Pflanzung	I			24 g/Beet
	II			24 g/Beet
	III			5 g/Beet
	IV			24 g/Beet
	V			24 g/Beet

Tab. 30: Übersicht über den Düngemodus der Versuchsreihe VII

Pflanzenschutz:

Um Nematoden- und Insektenbefall nach der Pflanzung zu verhindern, wurden die Pflanzen mit Vidate L entsprechend einem Pflanzenschutzplan behandelt. Dabei wurden 19 ml Vydate L/10 l Wasser auf 42 Beeten verteilt.

Datenaufnahme:

Erhoben wurden Wuchshöhe und Ertrag pro Pflanze.

Ergebnisse:

Tomaten:



Abb. 52: Virusbefallene Tomatenpflanzen (R. Jaudas)

Die deskriptive Auswertung zeigt, dass insgesamt das Ertragsniveau sehr niedrig ist, weil durch einen Virusbefall die Anzahl der Versuchspflanzen reduziert wurde und die verbleibenden Pflanzen in ihrer Vitalität geschwächt waren.

Trotzdem lassen sich Tendenzen ablesen: Den höchsten Ertrag, er liegt bei 1,8 kg/30 Pflanzen (Gesamtertrag) weisen die Pflanzen in Variante I mit SPS-Zugabe) auf. Es wurde mit Flusswasser (Bewässerungsstufe 1) bewässert und in Pflanzlöcher (statt Furchen) unter Beimischung des Luftporenbildners und gepflanzt.

Demgegenüber lag in Versuchsreihe VI der mittlere Ertrag bei 1,6 kg/pro Pflanze(!) (bei beiden Versuchsreihen wurde Mongal F1 verwendet).

Ebenso hoch liegt der Ertrag (1,7 kg/30 Pflanzen Gesamtertrag) in Variante II, Bewässerungsstufe 1 mit SPS (ohne Luftporenbildner). Daraus kann geschlossen werden, dass die Beimischung des Luftporenbildners keinen wesentlichen Einfluss hat. In Variante III liegen die Erträge in der Bewässerungsstufe 1 bei 1,2 kg/30 Pflanzen etwas unter jenen von Variante I und II. In diesem Fall wurde nur mit geringen Mengen gedüngt und zudem kam es durch die Furchenpflanzung zu einer Verteilung der 20 g SPS auf ein größeres Volumen.

Variante IV lieferte einen ebenso hohen Ertrag wie die Varianten I und II (alle mit SPS-Zugabe). Daraus lässt sich schließen, dass es keinen wesentlichen Unterschied macht, ob das Silikatsubstrat konzentriert in ein Pflanzloch eingebracht wird oder auf ein größeres Volumen verteilt in Furchen. Der

Höchstertrag im Referenzbeet liegt bei 1,5 kg/Pflanzen (Gesamtertrag). Erzielt wurde er in Variante I, Bewässerungsstufe 1.

Werden alle Beete, unabhängig von Varianten und Bewässerungsstufen betrachtet, so zeigt sich, dass die Beete mit SPS-Zugabe wesentlich öfter höhere Erträge liefern, als die Referenzbeete ohne SPS.

Bei einer Reduktion der täglichen Gießwassermengen fallen die Erträge ab, sowohl in den Referenzbeeten, als auch in den Beeten mit SPS-Zugabe. In letzteren jedoch in einem geringeren Ausmaß.

Bei einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser weist die Varianten IV, Bewässerungsstufe 1, SPS-Zugabe den höchsten Gesamtertrag von 1,5 kg/30 Pflanzen auf. Das Referenzbeet (ohne SPS-Zugabe), Variante 1, Bewässerungsstufe 1 liegt mit 1,0 kg/30 Pflanzen deutlich darunter.

Es kann somit für diese Versuchsreihe zumindest tendenziell ein vergleichbares Ergebnis wie in Versuchsreihe V abgelesen werden.

Die Pflanzen in dieser Versuchsreihe waren aber nicht nur durch den Virusbefall schwer beeinträchtigt, sondern auch durch den Dürrestress, der im Gegensatz zu Versuchsreihe V durch die Anbauzeit während der heißen Trockenzeit gegeben war und verstärkt wurde durch oft tagelange Fehlen einer Bewässerung (unregelmäßige Wasserlieferungen durch die CSS).

Herstellung des Pflanzenwurzelsubstrats:

Im Rahmen dieser Versuchsreihe wurde zusätzlich zur unter Pkt. 3.3.7. beschriebenen Mischtechnik (Luftporenbildner: „Laterit“ und silikatisches Pulver, das SPS aus silikatischem Pulver und Sand hergestellt. Um eine homogene Mischung zu garantieren, wurde für die Feldversuche jeweils 1 Liter Sand mit 20 g silikatischem Pulver für die Pflanzlöcher gemischt. Für die Pflanzung in Furchen je 20 Liter Sand mit 200 g SP (bezogen auf 10 Pflanzen).

Fall weise wurde bereits Mineraldünger 10-10-20 eingemischt (s. Versuchsdesign).

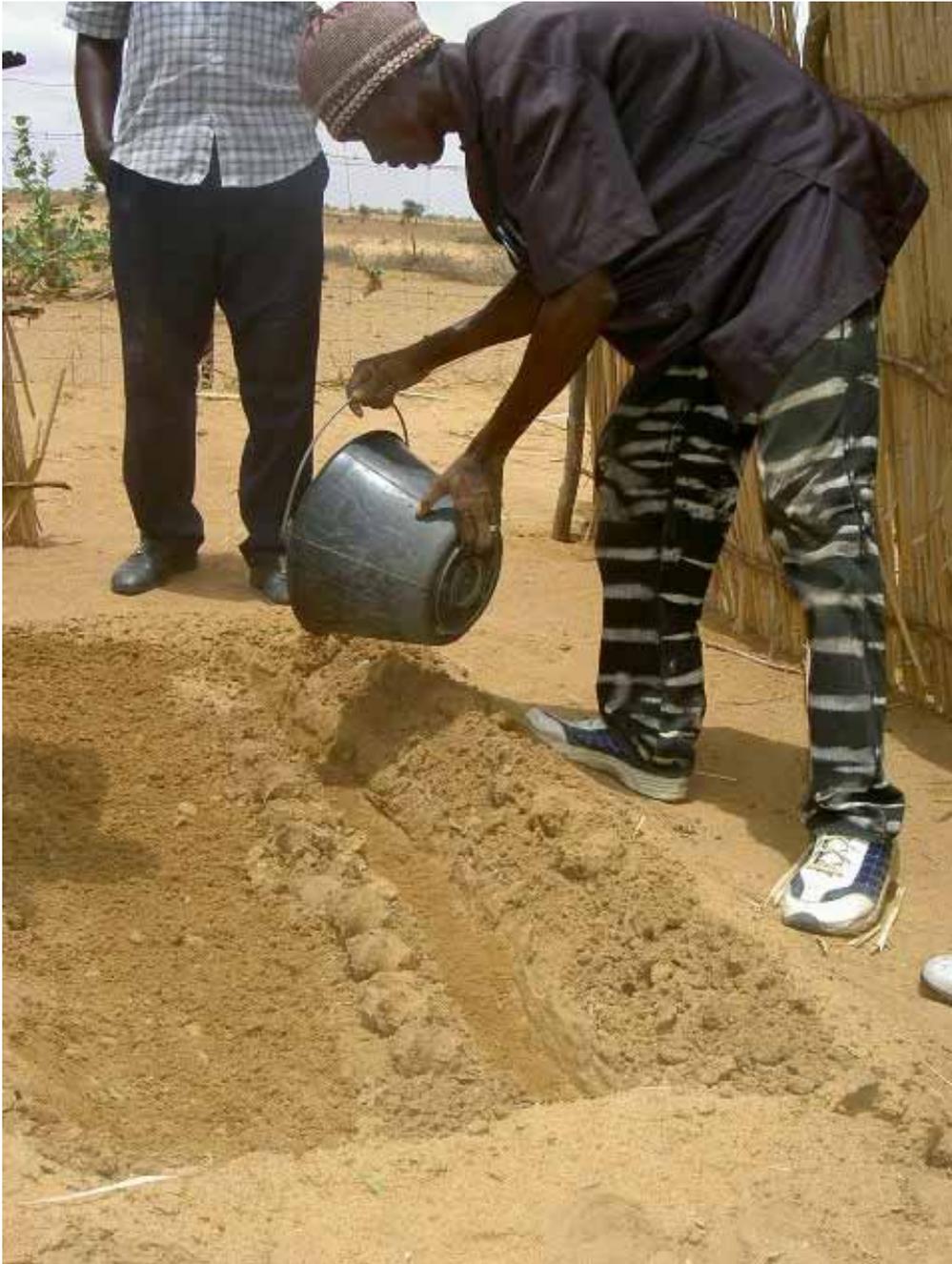


Abb. 53: Badji Ba füllt eine Furche mit dem „neuem“ SPS (Mischung aus SP und Sand) auf. (J.-P. Uwiduhaye)

Bodenuntersuchungen:

Die Bodenuntersuchungen zeigen auch hier vergleichbare Tendenzen auf. Mit Ausnahme der Probe „881“ steigen die Kationenaustauschkapazität und die Werte für das pflanzenverfügbare Kalium an.

Erwartungsgemäß auch die Salzkonzentrationen im Wurzelbereich.

Salzbelastetes Gießwasser, Standardgießmenge															
Dünger: NPK 10-10-20, kein organischer Dünger zugesetzt															
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	pH	KAK cmol+/ kg	Ca cmol+/ kg	Mg cmol+/ kg	K cmol+/ kg	Na cmol+/ kg	Fe cmol+/ kg	Mn cmol+/ kg	Al cmol+/ kg	H cmol+/ kg	N mg/kg/ 7d	Humus- gehalt %
849	05.2005	Kontr.	Tomaten	7,1	2,8	<3	<1	0,3	0,4	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	21	0,4
867	05.2005	Kontr.	Tomaten	7,3	3,5	<3	<1	0,3	0,6	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	20	0,4
861	05.2005	SPS	Tomaten	5,3	6,7	3,6	1,2	0,8	1,0	<0,08	0,04	<0,55	<0,02	19	0,5
877	05.2005	SPS	Tomaten	7,2	5,2	<3	<1	0,3	1,7	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	18	0,4
881	05.2005	SPS	Tomaten	5,7	3,5	<3	<1	0,3	0,7	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	18	0,4

Tab. 31

Salzbelastetes Gießwasser, Standardgießmenge													
Pflanzenverfügbare Nährstoffe													
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	elektr. Leitf. µS/cm	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	
849	05.2005	Kontr.	Tomaten	92	<18	96	87	<20	42	<2	1	0,3	
867	05.2005	Kontr.	Tomaten	87	<18	89	78	<20	44	<2	2	0,5	
861	05.2005	SPS	Tomaten	119	55	251	139	59	74	<2	2	0,5	
877	05.2005	SPS	Tomaten	101	<18	120	98	26	54	<2	<1	0,4	
881	05.2005	SPS	Tomaten	63	18	92	80	21	50	<2	1	0,4	

Tab. 31-32: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Versuchsreihe VIIb (Ergänzende Versuche zu VIIa)

März 2005 – September 2005

Versuchsort Mbakhana

Ergänzend zur „Versuchsreihe VIIa“, die in Ourourbe durchgeführt worden war, wurde in Mbakhana eine zusätzliche Versuchsreihe angelegt, weil es nicht möglich gewesen wäre, in Ourourbe eine größere Versuchsreihe durchzuführen.

Das Ziel war, Fragestellungen zu behandeln, die in den bisherigen Versuchen nicht zufriedenstellend beantwortet werden konnten. Von besonderem Interesse war, inwieweit Düngetechnik und Pflanztechnik in Kombination mit der Silikattechnologie einen Einfluss auf die Ertragsbildung haben.

Dazu wurde Mitte März 2005 ein mehrfaktorieller Feldversuch angelegt:

- Faktor eins war die zugegebene Menge Mehrnährstoffdünger in drei Stufen:
 - Stufe 1: bedarfsgerechte Düngung
 - Stufe 2: 30% Reduktion
 - Stufe 3: 60% Reduktion
- Faktor zwei war die tägliche Bewässerungsmenge in drei Stufen:
 - Stufe 1: Standardgießmenge
 - Stufe 2: 25% Wasserreduktion
 - Stufe 3: Bewässerung nach Bedarf
- Faktor drei war die Misch- bzw. Düngetechnik

In den jeweiligen Kontrollgruppen wurde bzgl. der Düngetechnik die optimale Form gewählt.

Pro Beet wurden 10 Setzlinge gepflanzt. Ersetzt wurden Ausfälle ebenfalls nur in der ersten beiden Wochen. Gepflanzt wurden 3 Wiederholungen.

Versuchsordnung:

Tomaten

Bewässerung mit Flusswasser		
In alle Beete wurden 4 kg organischer Dünger 2 Wochen vor der Pflanzung eingearbeitet		
	SPS –Beete (alle Mengenangaben bezogen auf ein Beet)	
	Variante I	Variante II
Mischtechnik	20 g SPS pro Pflanze und 600 ml Substrat (lokales Material) wurden vermischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, darüber eine Sandschicht und in diese 5 g NPK pro Pflanze gestreut. Dies galt für die Stufen 1, 2 und 3	20 g SPS und Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, Pflanzen darauf gesetzt. Mit lokalem Material aufgefüllt
Pflanztechnik	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher
Düngung	NPK Stufe 1: 150 g Stufe 2: 90 g Stufe 3: 30 g 3 Tage nach der Pflanzung in Dünge- Furchen eingearbeitet.	NPK Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet
Standarddüngemenge		Pflanzlöcher NPK Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g
		Kontrolle

Tab. 33

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

		SPS – Beete		Kontrolle
		Variante I	Variante II	
75% der Standardgütemenge	Mischtechnik	20 g SPS pro Pflanze und 600 ml Substrat (lokales Material) wurden vermischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, darüber eine Sandschicht und in diese 5 g NPK pro Pflanze gestreut. Dies galt für die Stufen 1, 2 und 3	20 g SPS und Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, Pflanzen darauf gesetzt. Mit lokalem Material aufgefüllt	Standarppflanzung
	Pflanztechnik	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher
	Düngung	NPK Stufe 1: 150 g Stufe 2: 90 g Stufe 3: 30 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet	NPK wurde 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g	NPK Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g

		SPS – Beete		Kontrolle
		Variante I	Variante II	
nach Bedarf	Mischtechnik	20 g SPS und Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, Pflanzen darauf gesetzt. Mit lokalem Material aufgefüllt	20 g SPS und Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch wurden etwa 15cm befüllt, Pflanzen darauf gesetzt. Mit lokalem Material aufgefüllt	Standarppflanzung
	Pflanztechnik	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher
	Düngung	NPK wurde 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g	NPK wurde 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g	NPK 10-10-20 Stufe 1: 200 g Stufe 2: 140 g Stufe 3: 80 g

Tab. 34: Versuchsanordnung zu Ergänzende Versuche zu Versuchsreihe VII

Auberginen

Bewässerung mit Flusswasser			
In alle Beete wurden 4 kg Organischer Dünger 2 Wochen vor der Pflanzung eingearbeitet			
		SPS-Beete	
		Variante I	Variante II
Standardgütemenge	Mischtechnik	20 g SPS und 600 ml Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch etwa 15cm befüllt, darüber eine Sandschicht und in diese 5 g NPK gestreut. Dies galt für die Stufen 1, 2 und 3	20 g SPS pro Pflanze und Substrat (lokales Material) gemischt. Das Pflanzloch etwa 15cm mit Substrat befüllt
	Pflanztechnik	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher
	Düngung	Stufe 1: 110 g pro Beet Stufe 2: 62 g Stufe 3: 14 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet	Stufe 1: 160 g pro Beet Stufe 2: 112 g Stufe 3: 64 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet
			Standardpflanzung
			Kontrolle

Fortsetzung der Tab. 34

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Auberginen

Bewässerung mit Flusswasser			
In alle Beete wurden 4 kg Organischer Dünger 2 Wochen vor der Pflanzung eingearbeitet			
	SPS-Beete		Kontrolle
	Variante I	Variante II	
Mischtechnik	20 g SPS und Substrat (lokales Material) gemischt. Vom Pflanzloch etwa 15cm befüllt, darüber eine Sandschicht und in diese 5 g NPK gestreut. Dies galt für die Stufen 1, 2 und 3	20 g SPS pro Pflanze und Substrat (lokales Material) gemischt. Das Pflanzloch etwa 15cm mit Substrat befüllt	Standardpflanzung
Pflanztechnik	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher	Pflanzlöcher
Düngung	Stufe 1: 110 g pro Beet Stufe 2: 62 g Stufe 3: 14 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet	Stufe 1: 160 g Stufe 2: 112 g Stufe 3: 64 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet	NPK 10-10-20 Stufe 1: 160 g Stufe 2: 112 g Stufe 3: 64 g 3 Tage vor der Pflanzung flächendeckend eingearbeitet
75% der Standardgleichmenge			

Fortsetzung der Tab. 34

Düngung (Grunddünger NPK – Menge pro Düngefurche):

Sorte	Variante	Beetart	Düngervariation	Menge in g/Düngefurche
Tomaten	I	SPS-Beete	100%	50
			70%	30
			40%	10
		Kontrollbeete	100%	67
			70%	47
			40%	27
	II	SPS-Beete	100%	67
			70%	47
			40%	27
	III	SPS-Beete	100%	67
Kontrollbeete			100%	67
Auberginen	I	SPS-Beete	100%	37
			70%	21
			40%	5
		Kontrollbeete	100%	53
			70%	37
			40%	21
			100%	53
			100%	53
	II	SPS-Beete	70%	37
			40%	21

Tab.35: Übersicht über den Düngemodus zu den ergänzenden Reihen zu Versuchsreihe VII

Plan für die Nachdüngungen :

Auberginen:

DATUM	Varianten	Dünger %	10 10 20 g/Beet	Blattdünger ml/Beet	Harnstoff g/Beet
20 Tage nach der Pflanzung	I	100%	160 g	11 ml	
		70%	112 g	7,5 ml	
		40%	64 g	4 ml	
	II	100%	160 g	11 ml	
		70%	112 g	7,5 ml	
		40%	64 g	4 ml	
35 Tage nach der Pflanzung	I	100%	160 g	11 ml	
		70%	112 g	7,5 ml	
		40%	64 g	4 ml	
	II	100%	160 g	11 ml	
		70%	112 g	7,5 ml	
		40%	64 g	4 ml	
50 Tage nach der Pflanzung	I	100%	150 g		
		70%	105 g		
		40%	60 g		
	II	100%	150 g		
		70%	105 g		
		40%	60 g		
70 Tage nach der Pflanzung	I	100%			50 g
		70%			35 g
		40%			20 g
	II	100%			50 g
		70%			35 g
		40%			20 g
85 Tage nach der Pflanzung	I	100%			40 g
		70%			28 g
		40%			16 g
	II	100%			40 g
		70%			28 g
		40%			16 g

Fortsetzung der Tab. 35

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Tomaten:

DATUM	Varianten	Dünger %	10 10 20 g/Beet	Blattdünger ml/Beet	Harnstoff g/Beet
20 Tage nach der Pflanzung	I	100%	120 g	11 ml	
		70%	84 g	7,5 ml	
		40%	48 g	4 ml	
	II	100%	120 g	11 ml	
		70%	84 g	7,5 ml	
		40%	48 g	4 ml	
35 Tage nach der Pflanzung	I	100%	120 g	11 ml	
		70%	84 g	7,5 ml	
		40%	48 g	4 ml	
	II	100%	120 g	11 ml	
		70%	84 g	7,5 ml	
		40%	48 g	4 ml	
50 Tage nach der Pflanzung	I	100%	120 g		
		70%	84 g		
		40%	48 g		
	II	100%	120 g		
		70%	84 g		
		40%	48 g		
70 Tage nach der Pflanzung	I	100%			24 g
		70%			17 g
		40%			10 g
	II	100%			24 g
		70%			17 g
		40%			10 g
85 Tage nach der Pflanzung	I	100%			24 g
		70%			17 g
		40%			10 g
	II	100%			24 g
		70%			17 g
		40%			10 g

Fortsetzung der Tab. 35

Versuchsmaterial

Es wurden wiederum Tomaten der Sorte Mongal F1 und Auberginen (Kalenda F1) verwendet.

Diese Sorten wurden gewählt, um die Ergebnisse mit jenen der aus Versuchsreihe VI zu vergleichen zu können.

Pflanzenschutz:

Um Nematoden- und Insektenbefall nach der Pflanzung zu verhindern, wurden die Pflanzen mit Vidate L entsprechend einem Pflanzenschutzplan behandelt. Dabei wurden 19 ml Vidate L/10 l Wasser auf 42 Beeten verteilt.

Datenaufnahme:

Erhoben wurden Wuchshöhe und Ertrag pro Pflanze.

Ergebnisse:



Abb. 54: Feldversuch mit Tomaten. (R. Jaudas)

Bei den Tomaten liegt der Höchstertrag in Variante II, Bewässerungsstufe 1, Düngestufe 2 und SPS-Zugabe mit 34 kg/30 Pflanzen (Gesamtertrag). Damit läge der geschätzte Hektarertrag bei etwa 50% des Zielertrags. Demgegenüber lag der Höchstertrag in Versuchsreihe VI in Düngestufe 2, Bewässerungsstufe 1 und SPS-Zugabe deutlich darüber.

Der Ertrag in Variante III, Bewässerungsstufe 3, Düngestufe 1, ohne SPS-Zugabe liegt mit 32,8 kg/30 Pflanzen leicht unter jenem mit SPS-Zugabe (s. oben).

Je 27 kg konnten in den Varianten I und II, Düngestufe 3, SPS-Zugabe und Bewässerungsstufe 1 erzielt werden.

Etwas darunter liegen: Variante 2, Düngestufe 1, Bewässerungsstufe 1, SPS-Zugabe; Variante 3, Düngestufe 1, Bewässerungsstufe 1, SPS-Zugabe; Variante II, Düngestufe 2, Bewässerungsstufe 2, SPS-Zugabe.

Das nächste Beet ohne SPS-Zugabe weist nur noch einen Gesamtertrag von 21 kg pro 30 Pflanzen auf.

Vergleicht man die Ergebnisse aus Variante I und II, so zeigt sich, dass Variante II (geringere Düngekonzentration im SPS) in fast allen Dünge- und Wasserstufen bessere Ergebnisse lieferte als die Referenzbeete aus der Kontrollgruppe. Innerhalb der Variante II und auch I weisen jene Beete höhere Erträge auf, denen geringere Mengen mineralischer Dünger zugesetzt wurden.

Anzumerken wäre für diese Versuchsreihe, dass die Setzlinge von minderer Qualität waren und zudem zum Zeitpunkt des Auspflanzens bereits eine Höhe von über 20 cm hatten und größtenteils bereits einen Blütenansatz zeigten.

Die Bodenuntersuchungen zeigen wiederum, dass sich durch die Zugabe von SPS die Kationenaustauschkapazität verbessert und ebenso die Verfügbarkeit von Kalium, Magnesium und Phosphor weisen nur teilweise eine höhere Verfügbarkeit auf. Die EC ist erwartungsgemäß erhöht.

Ebenfalls zeigt sich, dass die chemische Stabilität des SPS hinsichtlich einer Aluminium-Ionenabgabe, sowohl in den mit SPS behandelten Beeten als auch in den Referenzbeeten, einen unveränderten Aluminium-Wert aufweist.¹⁰¹

Die Wirksamkeit der SPS-Pufferwirkung drückt sich im unveränderten Protonengehalt der Böden aus.¹⁰²

¹⁰¹ Schrift. Mittlg. H. Hubacek

¹⁰² Schrift. Mittlg. H. Hubacek

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Kontrolle															
Düngung in 3 Stufen: NPK 10-10-20 und organische Dünger															
Beet nr.:	Datum Probenahme	Düngung	Kultur	pH	KAK cmol+/kg	Ca cmol+/kg	Mg cmol+/kg	K cmol+/kg	Na cmol+/kg	Fe cmol+/kg	Mn cmol+/kg	Al cmol+/kg	H cmol+/kg	N mg/kg/7d	Humusgehalt %
601	05.2005	Stufe 1	Tomaten	7,3	2,3	<3	<1	0,3	0,2	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,3
602	05.2005	Stufe 2* ¹⁰³	Tomaten	7,1	1,9	<3	<1	<0,25	<0,15	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,3
605	05.2005	Stufe 1	Tomaten	7,5	2,2	<3	<1	0,3	<0,15	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,3
609	05.2005	Stufe 2	Tomaten	7,8	2,5	<3	<1	0,3	0,3	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,3

Tab. 36

Kontrolle													
Pflanzenverfügbare Nährstoffe													
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	elektr. Leitf. µS/cm	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	
601	05.2005	Stufe 1	Tomaten	61	<18	102	79	37	<20	<2	1	0,3	
602	05.2005	Stufe 1	Tomaten	46	18	55	85	58	<20	<2	1	0,4	
605	05.2005	Stufe 1	Tomaten	50	<18	99	87	62	<20	<2	1	0,4	
609	05.2005	Stufe 2	Tomaten	73	<18	102	91	39	<20	<2	1	0,4	

Tab. 36a

¹⁰³ Alle mit * gekennzeichneten Proben stammen aus Beeten mit Bewässerungsstufe 2

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Beete mit SPS-Zugabe															
Düngung in 3 Stufen: NPK 10-10-20 und organische Dünger															
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	pH	KAK cmol+/ kg	Ca cmol+/ kg	Mg cmol+/ kg	K cmol+/ kg	Na cmol+/ kg	Fe cmol+/ kg	Mn cmol+/ kg	Al cmol+/ kg	H cmol+/ kg	N mg/kg/ 7d	Humus- gehalt %
603	05.2005	Var. I	Tomaten	6,6	2,9	<3	<1	0,4	0,8	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	18	0,4
604	05.2005	Var. I*	Tomaten	7,5	3,6	<3	<1	0,3	0,8	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,4
607	05.2005	Var. I Stufe I	Tomaten	7,6	3,5	<3	<1	0,4	0,6	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,4
608	05.2005	Var. I* Stufe 1	Tomaten	5,8	3,1	<3	<1	0,4	1,1	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	17	0,4
611	05.2005	Var. I Stufe 2	Tomaten	6,7	3,3	<3	<1	0,4	0,6	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	18	0,4
612	05.2005	Var. I* Stufe 2	Tomaten	7,3	3,1	<3	1,0	<0,25	0,2	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	20	0,4
637	05.2005	Var. II	Tomaten	6,8	3,5	<3	<1	0,3	0,3	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	20	0,5
639	05.2005	Var. II Stufe 1	Tomaten	7,4	3,7	<3	<1	0,5	1,1	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,4
640	05.2005	Var. II* Stufe 2	Tomaten	7,2	3,5	<3	<1	0,4	1,1	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,4
642	05.2005	Var. II* Stufe 2	Tomaten	7,4	3,7	<3	<1	0,3	1,2	<0,08	<0,02	<0,55	<0,02	19	0,4

Tab. 37

II. Vergleichende Feldversuche im Senegal zur Wirkung des Silikatischen Pflanzensubstrats (SPS) – Katharina Zwiauer

Flusswasser												
Pflanzenverfügbare Nährstoffe												
Beet nr.:	Datum Probenahme	Vari- an- ten	Kultur	elektr. Leitf. µS/cm	P mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
603	05.2005	Var I	Tomaten	88	31	127	83	32	<20	<2	1	0,4
604	05.2005	Var I*	Tomaten	106	41	117	105	43	<20	<2	2	0,7
607	05.2005	Var I Stufe 2	Tomaten	97	34	143	110	33	<20	<2	1	0,5
608	05.2005	Var I* Stufe 2	Tomaten	104	43	133	67	33	<20	<2	<1	0,3
611	05.2005	Var I Stufe 3	Tomaten	66	<18	126	98	23	<20	<2	1	0,3
612	05.2005	Var I* Stufe 3	Tomaten	59	28	77	129	29	<20	<2	1	0,3
637	05.2005	Var II	Tomaten	55	<18	102	116	24	<20	<2	1	0,3
639	05.2005	Var II Stufe 1	Tomaten	94	<18	144	85	26	<20	<2	1	0,4
640	05.2005	Var II* Stufe 2	Tomaten	110	<18	213	72	25	<20	<2	<1	0,3
642	05.2005	Var II* Stufe 3	Tomaten	128	<18	120	89	30	<20	<2	<1	0,4

Tab. 38

Auberginen:



Abb. 55: Feldversuch mit Auberginen im Mai 2005. Demba Traoré und Malik Fall beim Wässern der Kulturen. (R. Jaudas)

Das Ertragsniveau bei den Auberginen konnte verglichen mit jenem aus Versuchsreihe VI um das Doppelte auf 61 kg/30 Pflanzen. Der geschätzte Hektarertrag läge somit nahe am Zielertrag von 40 t/ha.en.

Erreicht wurde dieses Ergebnis in Düngestufe 3 (Variante I), ohne SPS-Zugabe und Bewässerungsstufe 2. Einen gleich hohen Ertrag, von 60 kg/30 Pflanzen liefert das Beet Düngestufe 1, SPS-Zugabe und Bewässerungsstufe 2.

Ein Vergleich der Ergebnisse Versuchsreihe VI und jenen aus dieser Versuchsreihe zeigt, dass die Variante I deutlich mehr Ertrag liefert, dies dürfte aber mit externen Faktoren zu tun haben, weil sowohl die mit SPS behandelten Beete, als auch die Kontrollgruppen (Referenzbeete) der Variante I bessere Erträge lieferten, bei beiden aber unterschiedliche Düngertechniken bei gleichen Aufwandsmengen angewandt wurden.

Es kann also daraus nicht abgeleitet werden, dass die Düngetechnik in Variante II Vorteile mit sich bringt.

In Versuchsreihe VI trat eine deutliche Reduktion der Erträge korrelierend mit der Reduktion der Aufwandsmengen auf. Dieser Effekt kann hier nicht mehr festgestellt werden.

Insgesamt kann bei den Auberginen nicht festgelegt werden bei welcher Aufwandsmenge bzw. Kombination ein Ertragsoptimum zu erwarten ist.

Versuchsreihen mit Holzpflanzen

Obst- und Fruchtbäume:

Dezember 2002

Versuchsorte Mbakhana und Ourourbe

Die Zielsetzung dieser Versuchsreihe war, festzustellen, ob die Zugabe von SPS bei Bäumen zu höheren Wachstumsraten bzw. einem früheren Erreichen der reproduktiven Phase, bei einer Verminderung der notwendigen Gießmengen

Versuchsanordnung:

Düngung: Die Bäumchen wurden regelmäßig organisch gedüngt		
SPS/Luftporenbildner	SPS/Luftporenbildner	Kontrolle
Standardgießmenge	Standardgießmenge	Standardgießmenge
25% Wasserreduktion	25% Wasserreduktion	
50% Wasserreduktion	50% Wasserreduktion	

Tab. 39

Versuchsmaterial:

In Mbakhana wurden *Anacardium occidentale* L. (Cashew), *Citrus limon* (L.) Burma. f. und *Mangifera indica* L. (Mango) gepflanzt.

In Ourourbe wurden lediglich *Citrus limon* und *Moringa oleifera* gepflanzt.

Datenerhebung:

Zu Beginn wurde jeweils alle 4 Wochen die Wuchshöhe gemessen. Nach einem Jahr wurden alle 8 Wochen Daten zu Wuchshöhe und Kronenumfang erhoben, nach einem weiteren Jahr nur noch 3x pro Jahr.

Ergebnisse:

Eine Auswertung der Daten erfolgt mit Abschluss des zur Zeit laufenden Projektes im Dezember 2006.

Sahelische Gehölze:

Juli 2003 -

Versuchsort Ourourbe

Die Zielsetzung dieser Versuchsreihe war, festzustellen, ob die Zugabe von SPS bei sogenannten Forstbäumen zu einer Verminderung der Ausfallraten führt bzw. zu höheren jährlichen Wachstumsraten. Eine Bewässerung war nicht vorgesehen.

Versuchsordnung:

Düngung: Die Forstbäume wurden nicht bewässert	
SPS/Luftporenbildner	Kontrolle
Keine Bewässerung	Keine Bewässerung

Tab. 40

Versuchsmaterial:

Acacia senegal (L.) Willd. *Mimosaceae*, *Acacia raddiana* Savi *Mimosaceae*,
Ziziphus spina-christi (L.) Desf. *Rhamnaceae*, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.
Balanitaceae, *Leucaena leucocephalla* (Lam.) de Wit *Mimosaceae*.

Ergebnisse:

Eine Auswertung der Daten erfolgt mit Abschluss des zur Zeit laufenden Projektes im Dezember 2006.

III. Kommentar zur statistischen Auswertung der Feldversuche

(Harald Riedmann)

Die wohlbekannte Unterscheidung von deskriptiver bzw. beschreibender und schließender oder Interferenzstatistik findet hier eingangs deswegen ausdrückliche Erwähnung, weil durch sie die *Multifunktionalität* im Einsatz statistischer Methoden gut zum Ausdruck gebracht werden kann. Vorherrschende Zielsetzung bleibt natürlich immer die Explikation von Zusammenhängen und korrelativen Beziehungen zwischen zwei oder mehreren Variablen und der generalisierende Schluss aus der Stichprobe auf die jeweilige Grundgesamtheit. Formale, für „ideale“ Bedingungen (Labor) entwickelte Methoden erfordern jedoch naturgemäß erhebliche Voraussetzungen bezüglich der Datenqualität und stellen entsprechend hohe Ansprüche an die Anwendungsbedingungen, die in der Realität oft aus rein *pragmatischen* Gründen schwer zu erfüllen sind. So stellen z.B. das Konstanthalten der Randbedingungen zur Gewährleistung von Vergleichbarkeit, das Entdecken von Störvariablen (*hidden variables*) und deren Elimination gerade in *komplexen Feldversuchen*, die nicht auf ihre technischen Aspekte begrenzt werden können, sondern fast immer auch in *sozial-kulturellen Einbettungen* durchgeführt werden, manchmal fast unlösbare Anforderungen an die ForscherInnen im Feld und deren MitarbeiterInnen. Da diese Anforderungen aber *grundsätzlich nicht vollauf antizipierbar* sind, sondern erst im Verlaufe der Untersuchung selbst zu Tage treten, ist in solchen Fällen Begleitforschung auch qualitativer Art nicht nur ein „lößliches Beiwerk“ zur „reinen“ Wissenschaft, sondern dient der Produktion *notwendiger Zusatzinformation zur adäquaten* Interpretation auch der statistischen Ergebnisse. Insbesondere bei gegebener Möglichkeit, mehrere Untersuchungswellen hintereinander zu schalten und dabei das jeweils neue Untersuchungsdesign an die vorherigen Ergebnisse und aufgetauchten Probleme anzupassen, sollte die *explorative* Funktion der Statistik – und eben auch der deskriptiven – in Verbindung mit *nicht-statistischen* Methoden nicht unterbewertet werden.

Stellt somit ein komplexer wissenschaftlicher Feldversuch fast immer ein Kompromiss zwischen „reiner Methodenlehre“ und dem pragmatisch Machbaren dar, kommt der Transparenz und argumentativen Nachvollziehbarkeit des konkret eingesetzten methodischen Instrumentariums eine besondere Bedeutung für die Verbindlichkeit der Ergebnisse zu, worauf wir im Verlaufe des gegenständlichen Projektes daher auch besonderen Wert gelegt haben.

Dass in gegenständlichem Projekt ein solcher mehrschichtiger und komplexer Feldversuch vorliegt, ist der folgenden Zielbestimmung zu entnehmen:

„Die Intention des Projektes war es, nicht nur ein technisch-naturwissenschaftliches Optimierungsverfahren der Silikatechnologie durchzuführen, sondern in Hinblick auf Nomaden auch Möglichkeiten zu entwickeln, wie eine Gemüseproduktion in die Arbeits- und

Zeitorganisation von Nomaden integrierbar ist.“ (Vorläufiger Schlussbericht S. 4)

Die Aufgabenstellung für den Einsatz statistischer Methoden war dabei, die Wechselwirkungen zwischen den vordefinierten Variablen der mengenmäßig zu variierenden Zugaben von Wasser, Dünger und SPS darzulegen und auf ihre Signifikanzen (auf einem Niveau von 0,05) hin zu überprüfen.

Schon bei der Entwicklung des Untersuchungsdesigns für Versuchsreihe I wurde das Problem der *Zumutbarkeit* der Erhebung der Messergebnisse jeder einzelnen Pflanze diskutiert. Da auf die einzelnen Beete aggregierte Daten aber keinerlei Signifikanztest ermöglichen würde (fehlende Streuung bzw. Varianz), wurde ein Verfahren der Zufallsauswahl für jeweils eine *Pflanzenstichprobe pro Beet* entwickelt, für die die Einzeldaten erhoben wurden. Zu diesem Zeitpunkt konnte jedoch das Problem des *Datenverlustes* durch den Totalausfall einzelner Pflanzen auf Grund externer Einflüsse noch nicht vorausgesehen werden. Die Möglichkeit, signifikante Aussagen zu treffen, wurde dadurch eingeschränkt, da sich die dazu notwendige Stichprobengröße umgekehrt proportional zur Stärke der Effekte im Sinne der Ernteergebnisse verhält (je kleiner die Unterschiede, umso größer müssen die Stichproben sein, um diese überhaupt noch als signifikant *oder* nicht-signifikant ausweisen zu können). Der Effekt des Einflusses von Ausfällen einzelner Pflanzen aber ist umso größer, je kleiner die Stichprobe ist. Im Design der folgenden Versuchsreihen wurden daher die *Daten pro Pflanze* gewonnen, bei allerdings etwas geringerer Pflanzenanzahl pro Beet.

Die Relevanz eines weiteren Problems konnte ebenfalls erst auf Basis der Daten dieser ersten Versuchsreihe erkannt werden. Es betrifft dies die *notwendige Homogenität* der Setzlinge bei der anfänglichen Bepflanzung der einzelnen Beete, sodass die Annahme gerechtfertigt ist, dass sie alle aus derselben Grundgesamtheit stammen; ohne diese Voraussetzung sind ebenfalls keine Schlussfolgerungen auf die Signifikanz von unterschiedlichen Ernteergebnissen möglich. So wurde in den darauf folgenden Designbesprechungen unterschiedliche Setzverfahren besprochen, die die Wahrscheinlichkeit einer homogenen Aufteilung der Setzlinge auf die verschiedenen Beete zwar erhöhten, aber nicht mit letzter Gewissheit sicher stellen konnte.

Ist es nicht möglich, im Rahmen eines Feldversuches alle Voraussetzungen für statistische Schlussverfahren idealtypisch sicherzustellen, muss umso sorgfältiger auf die Reichweite und Aussagekraft statistischer Ergebnisse geachtet werden. Unser Kompromiss bestand darin, die jeweils erhobenen Daten einer Reihe von nacheinander geschalteten *Voraussetzungstests* zu unterziehen, die einerseits auf der jeweiligen Ebene plausible und nachvollziehbare Interpretationen zuließen, deren formale Gültigkeit und Reichweite aber sukzessive einschränkten.

Da die einzige Information zu den Pflanzen beim Einsetzen ihre Größe darstellte, wurde in einem ersten Schritt mittels *Regressionsanalyse* ermittelt, ob die unterschiedlichen Wuchshöhen der Pflanzen in den verschiedenen Beeten bei der ersten Messung einen signifikanten Einfluss auf die Maßzahlen der Erträge – immer jeweils auf Gewicht, Anzahl geerntete Früchte und Höhenwachstum getrennt – beisteuern. Das zeitliche Intervall zwischen dem

Setzen der Pflanzen und der ersten Messung wurde dabei vernachlässigt. Überall dort, wo die unterschiedlichen Wuchshöhen bei der ersten Messung *keinen* signifikanten Einfluss auf die Ernteergebnisse im Ganzen aufwiesen, wurden diese Beete dann mit den entsprechenden Tests (Wilcoxon oder t-Test) auf die *Signifikanz* der Unterschiede in den Ernteergebnisse untereinander untersucht.

Bei *gegebenem* signifikanten Einfluss der Anfangshöhe auf eine der übrigen Variablen wurde mittels Varianzanalyse die homogene bzw. inhomogene Verteilung der Anfangshöhe über die einzelnen Beete ermittelt. Kann angenommen werden, dass die Pflanzen der verschiedenen Beete aus der gleichen Grundgesamtheit stammen, so darf auch angenommen werden, dass sich der Einfluss der anfänglichen Höhe auch gleichmäßig über die verschiedenen Beete verteilt, also *nicht* verantwortlich für unterschiedliche Ernteergebnisse ist. Diese können dann wiederum sinnvoll auf Signifikanz getestet werden.

Bei gegebener Inhomogenität der Pflanzen *über alle Beete* hinweg wurden weitere Differenzierungen vorgenommen. Es ist ja durchaus möglich, dass bei Inhomogenität für *alle* Beete bei *einzelnen Beetpaaren* kein signifikanter Unterschied der Anfangshöhe bestehen kann. So wurden in einem weiteren Schritt mittels Signifikanztest jene Beetpaare herausgefiltert, bei denen sich *kein* signifikanter Unterschied für die Anfangshöhen aufweisen ließ, und nur diese wurden dann wiederum auf Signifikanz bezüglich der Abweichungen ihrer Ernteergebnisse hin untersucht, wenn dies durch die aufgestellten Hypothesen gefordert wurde. Über die anderen Beetpaare wurden keine weiteren Aussagen getroffen.

Zusätzlich und unabhängig von diesen paarweisen Beetvergleichen wurde, wo sie sinnvoll erschienen, mittels der Methode der *Linearen Modelle* bzw. *Regressionsanalyse* der Einfluss aller Variablen und deren Kombinationen auf das Gesamtergebnis geschätzt, wobei gemäß den Voruntersuchungen bei gegebenem Einfluss der Anfangshöhe auf die Ernteergebnisse dieser Faktor mit in das Modell aufgenommen wurde, um die eigentlich interessierenden Einflussgrößen – Wasser, Dünger und SPS – von diesem zu bereinigen.

Diese methodische Aufschlüsselung soll die Transparenz des Untersuchungsverlaufes erhöhen und die grundlegenden Überlegungen nachvollziehbar und leichter in die anderen Aspekte der Studie integrierbar machen. Nur im Gesamtzusammenhang können statistische Ergebnisse letztlich ihre Relevanz ausweisen und entsprechend interpretiert werden.

IV. Sozialwissenschaftliche Feldforschung

(Martina Gajdos)

Die Studie begann im Jänner 2002 mit einem Aufenthalt von 60 Tagen im Projektgebiet. Sechs Tage wurden in Dagana, dem Sitz der Partnerorganisation CARAMW, verbracht; weitere drei Wochen im Projektdorf Mbakhana. Zwei Aufenthalte im Projektdorf Ourourbe folgten.

Eine Literaturrecherche in St. Louis ergänzten das Forschungsprogramm. Die Beobachtungen und Beschreibungen der Gesellschaften beziehen sich sowohl auf die Projektpartner in den Dörfern wie auch auf das Umfeld der Partnerorganisation CARAMW.

Eine zweite Reise in den Senegal wurde vom 13. Februar bis zum 6. März 2004 durchgeführt: Ein kurzer Aufenthalt erfolgte wiederum bei der Partnerorganisation in Dagana, danach Aufenthalte in den Projektdörfern selbst und weitere tageweise Besuche.

Methodik

Als Untersuchungsverfahren wurde das Interview sowie die direkte Beobachtung gewählt:

Offene, halb strukturierte Fragenkataloge zu den Vorgängen im Projekt wurden vorbereitet. Mit offenen Interviews wurden dann in den Projektdörfern persönliche Einschätzungen der derzeitigen Probleme sowie Zukunftserwartungen präzisiert. Die Zuverlässigkeit subjektiver Sichtweisen wurde überprüft, indem in anderer Gruppenzusammensetzung – nach Möglichkeit auch in einigen zeitlichen Abständen – Gespräche wieder auf bestimmte Themen oder „heikle Punkte“ gelenkt wurden. Das Hauptinstrument aber war die direkte Beobachtung. Einerseits bot der Aufenthalt bei den einzelnen Familien durch das informelle Plaudern zwischendurch bzw. in den Abendstunden gute Einblicke in deren Lebenssituationen, andererseits waren diese Aufenthalte auch für die Verifizierung/Intensivierung diverser Aussagen bei den Befragungen hilfreich.

In Ourourbe beziehen sich die soziologischen Forschungen hauptsächlich auf den Weiler, der zugleich Wohnort von Amadou Gueye Ba ist. Die Weiler von Ourourbe erstrecken sich von Medina, 2 km westlich dieses Weilers, 7 km in nordöstlicher Richtung sowie 15 km in Richtung Süden und Südosten.

Als Transportmittel wurden das Fahrrad und die ortsüblichen Mittel (eine Kalesche oder ein Charrette) gewählt, beziehungsweise zu Fuß gegangen. Dies erlaubte es einerseits ungezwungener Kontakte knüpfen zu können, andererseits ergänzende Eindrücke zur Umgebung zu bekommen, und so ein abgerundetes Bild zu erhalten.

Mbakhana

Mbakhana befindet sich 20 km von St. Louis entfernt im Departement Dagana im Arrondissement von Rao und gehört zur *Communauté Rurale de Gandon*.

Das Dorf Mbakhana setzt sich aus zwei getrennten, ca. 250 m auseinanderliegenden, Vierteln zusammen: Mbakhana und Mbeysouss. Es liegt 2 km von der Hauptstraße (Route Nationale: St. Louis – Rosso) entfernt und ist nur über eine Sandpiste erreichbar.

Die Bezeichnung Mbakhana bedeutet Fez (Kopfbedeckung). Diese Bezeichnung erhielt die Ortschaft einer Überlieferung zufolge dadurch, dass Soldaten einer nahen Befestigungsanlage am Lampsar einen Übergang schaffen wollten, um eine Abkürzung nach St. Louis zu erwirken. Dazu hätten sie ihre Kappen (Kopfbedeckung) verwendet, indem sie diese immer wieder mit Sand füllten und diesen in den Nebenarm leerten.

Geschichte

St. Louis, die Bezirkshauptstadt und einstige Hauptstadt des Senegal, war für dieses Dorf seit jeher von großer Bedeutung. Wenn in der Trockenzeit der Wasserspiegel des Senegalflusses so weit absank, dass das salzige Meerwasser stromaufwärts – oft bis nach Dagana – dringen konnte, stand St. Louis vor dem Problem, ausreichend Süßwasser für die Trinkwasserversorgung seiner Bevölkerung bereit zu stellen. Daher wurde im vorigen Jahrhundert eine Pumpanlage errichtet, welche Süßwasser, das zwischen 2 Dämmen gestaut wurde, in die Hauptstadt pumpen sollte. Damit wurde das älteste dampfbetriebenes Pumpwerk Westafrikas im Bereich des heutigen Mbakhana 1883 in Betrieb genommen. 1904 wurde dann ein weiteres Dampfpumpwerk für den steigenden Wasserbedarf der Bevölkerung der Hauptstadt gebaut. Diese beiden Pumpanlagen boten 150 Arbeitern einen Arbeitsplatz und haben um die Jahrhundertwende viele Arbeiter verschiedenster Ethnien angezogen und das Dorf Mbakhana entstehen lassen.

Diese Pumpanlagen waren ab 1957 mit Diesel betrieben und wurden 1963 stillgelegt. Im Jahre 2000 wurden die Reste dieser Anlagen zum Nationalen Kulturgut von Senegal (*Patrimoine National du Sénégal*) erklärt.

Bevölkerung

Angelockt durch die neu entstandenen Arbeitsplätze haben Personen unterschiedlicher Ethnien ihr neues Zuhause gefunden. Die ursprünglich unterschiedlichen Lebensweisen der einzelnen Gruppen – bedingt durch einst unterschiedliche Aktivitäten (Viehzucht, Fischerei, Ackerbau) – waren bald durch ein und denselben neuen Lebensinhalt vermischt. Es entstand ein neuer gemeinsamer Lebensraum. Die hier ansässigen Bambara, Tukuleur etc. haben sich vollkommen assimiliert. Ursprüngliche Gewohnheiten, auch oft die eigene

Sprache, wurde zugunsten einer gemeinsamen, dem Wolof, aufgegeben. Oft wird die Sprache der eigenen Vorfahren kaum noch richtig beherrscht. Die ursprünglich gemeinsame Kommunikationssprache wurde zur Muttersprache der DorfbewohnerInnen.

Für westafrikanische Verhältnisse ist hier eine sehr atypische Gesellschaft entstanden. In vielen Regionen ist der Senegalese stolz auf seine ethnische Herkunft und hebt auch gerne die Unterschiede zu den Anderen hervor. Über die ethnische Zugehörigkeit geben Familiennamen gut Auskunft¹⁰⁴. In Mbakhana aber sind diese Betrachtungen unwesentlich. „Wir sind EINE Wolofgesellschaft“ ist der heutige Tenor.

50% der Dorfbewohner sind in der Landwirtschaft tätig, – senegalweit arbeiten $\frac{3}{4}$ der erwerbstätigen Bevölkerung in der Landwirtschaft. Mbakhana hat somit einen relativ hohen Anteil an Beschäftigten in den anderen Bereichen: einerseits in der Fischerei, andererseits im tertiären Sektor. Mbakhana und Mbeysouss weisen auch sehr viele Wanderarbeiter auf. Ein großer Teil arbeitet – wie für das gesamte Land typisch – im informellen Sektor.

Nach einer Statistik aus dem Jahre 2000 hat Mbakhana 929 Einwohner, wobei die Zahl rückläufig ist. Der Männeranteil, derjenigen über 18 Jahre, ist um 30% geringer als der Frauenanteil gleichen Alters. Dies spricht von deutlicher Migration in die Stadt. Es sind vor allem junge Männer, welche in der Stadt nach Arbeit suchen oder dort eine Ausbildung machen wollen.

Bildung

Trotz offiziell allgemeiner Schulpflicht liegt die Einschulungsrate senegalweit bei 71%. Einer Grundschule von sechs Jahren folgt die Sekundarschule mit einem Zyklus von vier Jahren (Mittelschule) und danach weiteren drei Jahren. Aber nur mehr 13% der Jugendlichen besuchen diese Oberstufen. Der Anteil der Mädchen ist weit geringer als jener der Burschen. In Mbakhana gibt es eine Grundschule. In St. Louis sind viele weitere Schulen angesiedelt. Neben den staatlichen, nach dem französischem Vorbild aus der Kolonialzeit geprägten Schulen, spielen auch die Islamschulen, in denen eine weitreichende Arabisch-Alphabetisierung stattfindet, eine wichtige Rolle.

Der Unterricht wird in Französisch abgehalten. Kinder, deren Eltern nicht französisch sprechen sind benachteiligt und verstehen oft nicht viel. Ein Auswendiglernen ohne Verstehen der Inhalte ist daher oft die Folge. (In den Koranschulen, wo jahrelang das Auswendiglernen des Korans praktiziert wird, werden Kinder zu richtigen Künstlern des Auswendiglernens !)

Die Schülerzahlen in den Klassen sind sehr hoch. Diese werden von Lehrern mit bis zu 100 Kindern angegeben. Eine persönliche Betreuung oder gar Förderung einzelner ist unmöglich. Der Unterricht wird frontal und autoritär geführt. Das Schlagen der Kinder gehört zum Alltag. Auffallend ist, dass Personen, welche angeben 6 Jahre Schulbildung genossen zu haben, dann doch nicht fähig sind, französisch zu sprechen, und bei einem Gespräch die Übersetzung in Wolof erfolgen muss.

¹⁰⁴ Ein Ba oder Djallo ist stolz ein Peulh zu sein, der Name Keita oder Kamara verrät einen Bambara.

Traditionelle Wissensvermittlung

Westafrika blickt auf keine lange Schultradition zurück. Aber es gab und gibt andere Informationswege und Mechanismen zur Wissensvermittlung. Für die Information der Bevölkerung leisteten Griots einen großen Beitrag. Griots sind Sänger, Ankündiger, Vermittler, Organisatoren von Festen, sie haben großes geschichtliches und kulturelles Wissen. In früheren Jahren gab es über ganz Westafrika verbreitet diese Griots, welche von Haus zu Haus ziehend, singend Wissen unter der Bevölkerung verbreiteten. Sie sind die Tradierer der Geschichte, wissen über Eigentümlichkeiten von Personen, von Familien, von ganzen Sippen.¹⁰⁵

In Mbakhana lebt eine Griotfamilie. Laut Aussage des Griot, Malik Fall, ist die Bedeutung seiner Berufskaste heute stark geschwunden.¹⁰⁶

Sein Aufgabengebiet hat sich reduziert auf das Ankündigen von Festen und Versammlungen. Heute arbeitet er selbst auch in der Landwirtschaft, weil die „Arbeit des Griot“ nicht mehr genügend einbringt, um damit eine Familie zu erhalten.

Hierarchische Gesellschaftsform

Vor allem das Senioritätsprinzip schreibt strikte Umgangsregeln in den Beziehungen zwischen den einzelnen Menschen vor. Es verteilt Verantwortung und Macht nach der Rangordnung des Alters. So haben sich auch jüngere Geschwister ihren älteren Geschwistern unterzuordnen. Die Älteren haben in allen Lebensbereichen die Entscheidungsgewalt. Dem Älteren darf nicht widersprochen werden.

Parallel dazu hat sich auch das Gespräch, das lange Diskutieren eines Problems herausgebildet, denn das Bedürfnis nach Konsens und Harmonie ist auch vorhanden. Eine traditionell geregelte Form der Entscheidungsfindung ist notwendig, um nicht gegen das Senioritätsprinzip zu verstoßen. Es muss also aus dem Munde der Alten kommen, bevor die Entscheidung als gültig gesehen werden darf.

Die Beziehung zwischen den Geschlechtern ist sehr komplex. Eine Frau erfährt enorm viel Achtung für ihre Tätigkeiten, dennoch ist offensichtlich, dass Frauen ihren Männern unbedingt gehorchen und alle Anweisungen erfüllen müssen; eine Frau könnte ihren Ehemann nie um etwas schicken, während der Mann jede Kleinigkeit von der Frau erledigen lässt. Selbst die hochschwangere Frau in Mbakhana muss ein Glas Wasser für ihren Mann holen, weil dieser niemals dafür selbst aufstehen würde.

¹⁰⁵ Alle großen Sänger entstammen Griot-Familien.

¹⁰⁶ Es gibt in westafrikanischen Staaten einige Beispiele, wo Griot über Medien Einfluss auf die Bevölkerung nehmen. So wurde für erzieherische Maßnahmen in Burkina Faso von staatlicher Seite ein bekannter Griot gebeten, über sozial erwünschtes Verhalten - Hygienemaßnahmen, Kampf gegen Krankheiten etc. – zu singen. Diese Hits prägten sich ein ...

Eine Form des Ausdruckes von Respekt zeigt sich im Nicht-Anblicken. So wird eine Frau den Blick senken, wenn sie mit ihrem Mann oder mit einem Älteren im Dorf spricht. Diese Form des Respektzeigens wird von klein auf gelernt. Dieses Zu-Boden-Blicken von Kindern wird in europäischen Kreisen aber schnell in eine andere (falsche) Richtung gedeutet.

Agieren als Gruppe

Die Vorteile der Bildung von „Groupements“ sind in den Möglichkeiten der gegenseitigen Unterstützung zu sehen. Wenn es einem Teil von der Gruppe schlecht geht, ihre Felder keinen Ertrag abwerfen, etc. so helfen die anderen Gruppenmitglieder aus und teilen die Erträge untereinander auf. Gegenseitige Hilfe funktioniert sehr gut.

Manchmal scheint für den Beobachter der Gemeinschaftsgedanke aber auch als hemmend: Als beim Frauenprojekt die Pumpe für deren Gemüsegarten ausfiel, wäre es undenkbar gewesen, dass nur ein Teil der Frauen, das noch vorhandene Wasser für ihre Beete verwendet hätten, damit nicht alle Zwiebelpflanzen vertrocknen: Es soll keine Frau mit ihren Feldern bevorzugt sein. Entweder alle oder keine. Dasselbe gilt beim Ernten: alle ernten zur gleichen Zeit, denn alle sollen die gleichen Chancen am Markt haben.

Die Gesellschaft ist zum Teilen erzogen worden. Wer hat, der gibt, wer nicht hat, der nimmt, scheint eine allgemeine Regel zu sein, welche auch funktioniert – zumindest solange die Gruppen „relativ“ isoliert sind.

Wirtschaftliche Situation im Ort

Die ökonomische Situation ist in den meisten Haushalten schlecht bis sehr schlecht. Der Großteil gab bei der Befragung an, nicht immer genügend Mittel für die Grundbedürfnisse der Familie aufzubringen. Verwandte auswärts finanzieren oft gesamte Familien im Dorf.

Die meistbenötigten Nahrungsmittel (Reis, Öl, Zucker) werden zugleich als die „teuersten“ angegeben. Bauern, Beamte, Handwerker, Fischer und viele Arbeitslose sind aber allesamt mit den Konditionen in ihrem Dorf unzufrieden.

Die Befragungen im Dorf ergaben, dass alle vom Staat enttäuscht sind (98% gaben an „der Staat mache absolut nichts für das Dorf“), hingegen sind ihre ersten Ansprechpartner in einer schlechten Situation – abgesehen von Familienmitgliedern und hier vor allem jene, welche auswärts wohnen – die Internationale Hilfsorganisationen: Von ca. der Hälfte wurde ‚Internationale Organisation‘, ‚Plan International‘, ... als erster Ansprechpartner genannt!

Viele Schulkinder, welche in St. Louis die Schule besuchen, wohnen in der Regel bei Verwandten, die oft auch für die gesamten Schulausgaben aufkommen. Sowohl diese Schulkinder, wie Jugendlichen, welche zur Ausbildung in Dakar sind, wurden bei der Befragung nicht mitgezählt. Die Tatsache, dass sich Verwandte in Städten (St. Louis und Dakar) oft gänzlich um diese Kinder kümmern, stellt ebenfalls eine enorme ökonomische Hilfe für einzelne Dorfbewohner dar.

Abhängigkeit von Außen

Das gesamte Dorf scheint abhängig von auswärtigen Geldgebern. Für alle Belange des Dorfes kommt der Anstoß von außen. 13% der Personen haben Familienmitglieder im Ausland, die zu einem guten Teil für das Familienaufkommen sorgen. Über Projekte werden die Arbeiten, sei es Gemüseanbau, sei es Reinigung des Flusses, finanziert. Es werden Stellen außerhalb des Dorfes angesprochen ... um eine neue Getreidemühle zu besorgen, UNESCO um die Ausbildung der Jugendlichen wieder in Angriff zu nehmen etc.

Ernährungssituation

Das Hauptnahrungsmittel ist Reis. Das Essen ist etwas einseitig. Zu Mittag gibt es in fast jeder Familie – und dies täglich – Tiebou dienne (Reis mit Fisch). Es gibt zig Varianten diesen zuzubereiten. Im Großen und Ganzen aber beinhaltet eine Schüssel (von der 7 bis 10 Personen essen) immer neben 1,5 bis 2 kg Reis die „Beilagen“ – welche beim Anrichten in der Mitte auf dem Reis liegen – bestehend aus 2-3 kleinen Fischen, 1/4 eines kleinen Krautkopfes, 1 kleine Aubergine, 1-2 Stück Piment¹⁰⁷, 1 kleine Rübe, 10cm vom Maniok, manchesmal auch 1-2 Stück Karotten sowie diverse Gewürze. Meist werden auch Tomaten oder Tomatenmark für die Zubereitung von Reis verwendet. Die Menge des Gemüses scheint in Relation zum Reis relativ wenig, dennoch ist es das Gemüse, das – sofern etwas übrig bleibt – nicht zur Gänze aufgegessen wird.

Fisch ist im Gegensatz zu Fleisch sehr billig; Fischmahlzeiten sind daher etwas Alltägliches. Fleisch wird immer nur in kleinen Mengen und sehr selten gereicht.

Obst (Papaya, Wassermelonen) gibt es im Dorf selbst, Orangen und andere Früchte werden in St. Louis eingekauft. Erdnüsse – im Senegal reichlich vorhanden – werden in vielfacher Weise konsumiert: roh oder geröstet als Knabberei (sehr beliebt zum Tee) genascht, oder in verarbeiteter Form als Soße (Beilage zum Reis), als Erdnussbutter oder in Süßigkeiten verarbeitet.

Wanderarbeit und Migration

Von den 54 befragten Haushalten gaben 28 an, mindestens ein Familienmitglied zu haben, welches auswärts wohnt und dort seiner Arbeit nachgeht. Insgesamt sind laut dieser Befragung 51 Personen, welche früher im Dorf lebten, weggegangen. Zwei sind in Frankreich, 5 in Mauretania, 27 Personen leben in Dakar und 17 Personen sind im restlichen Senegal verstreut, um dort zu arbeiten. (Der Besuch zu Hause findet entweder alle 2 Monate, alle 6 Monate oder auch nur einmal in 2 Jahren statt.) Laut den Fragebogenergebnissen kommen diese Personen zum großen Teil für die Ausgaben der Familie, welche im Dorf zurückgeblieben ist, auf.

¹⁰⁷ kleine scharfe Paprika

Fischerei

Die Küste Senegals ist die fischreichste Westafrikas. Der Fischfang erwirtschaftet 30% der Gesamtexporterlöse (Zahl von 1997).¹⁰⁸ Auch viele Wanderarbeiter aus Mbakhana leben von der Fischerei. Diese Arbeit wird von den Personen in Mbakhana als nicht rentabel beschrieben, eine schwere Arbeit, wofür es wenig Geld gäbe. Der Fischfang wird im Senegal vorwiegend mit Pirogen (= Einbaum mit Plankenaufsatz) betrieben.

Infrastruktur des Ortes Mbakhana

Von der Hauptstraße führt nur eine sandige Piste in das Dorf. Bis zu 2 km muss die Bevölkerung zu Fuß zurücklegen, um dann an der Hauptstraße zu warten, bis ein Auto mit noch freien Plätzen vorbeikommt, um in die Stadt zum Einkaufen zu gelangen. Da es im gesamten Land wenig Privatautos gibt, ist ein gutes Netz an Taxis und Sammeltaxis vorhanden. Taxis aus St. Louis weigern sich aber oft – aufgrund der sandigen Bedingungen in Mbakhana – bis in das Dorf hinein zu fahren. Entweder müssen sie beim Heimkommen die letzten 2 Kilometer wieder zu Fuß zurücklegen, oder sie warten bereits in St. Louis auf einen willigeren Fahrzeuglenker.

Wassersituation

Von den 29 Brunnen, die insgesamt in diesem Dorf gegraben wurden, werden nur wenige genutzt, viele sind bereits eingestürzt oder wieder zugeschüttet; 4 Brunnen haben Süßwasser und können als Trinkwasser genutzt werden; die anderen weisen einen zu hohen Salzgehalt auf, sodass das Wasser nur zum Wäsche- oder Geschirrwaschen verwendet werden kann. Aber auch das Wasser aus dem Lampsar, einem Nebenarm des Senegalfusses, wird genutzt: Frauen aus dem gesamten Dorf gehen dort hin, um Geschirr darin zu waschen, ihre Wäsche oder selbst ein Bad zu nehmen. Der Lampsar ist über weite Flächen mit einer dichten Pflanzendecke überwachsen und erweckt den Eindruck eines Tümpels mit stehendem Wasser.

Die Wasserqualität ist schlecht. Viele Fische sind heute ausgestorben, welche früher hier zahlreich gefischt werden konnten. Bilharzioseerreger sind vorhanden. Laut einer Aussage von Moussa Ba, Generalsekretär der A.D.M. (Association pour le Développement de Mbakhana) seien diese Bakterien aber auch im Brunnenwasser zu finden.

¹⁰⁸ Seit 1999 haben die Hälfte der von der EU anerkannten senegalesischen Unternehmen ihre Aktivitäten eingestellt oder befanden sich in Schwierigkeiten (Internationales Afrikaforum 1/2002). Das Hauptproblem ist die Überfischung. Die Fangflotten der EU treiben Raubbau an den Fanggründen und rauben zugleich der Küstenbevölkerung ihre Existenzgrundlage. Senegal ist allerdings nicht in der Lage, seine Küstenwässer entsprechend zu kontrollieren, um illegalen Fischerflotten Einhalt zu gebieten (Yearbook: Africa South of the Sahara 2002).

Projekte/diverse Initiativen

1. Plan International

Seit 1985 ist der "*Plan International*" in Mbakhana tätig.¹⁰⁹ Mittlerweile profitieren 84 Kinder des Dorfes zwischen 5 und 18 Jahren von der Arbeit dieser Organisation und damit auch deren Eltern. Der *Plan International* gibt keine individuelle Unterstützung, sondern verbessert immer ein gesamtes Lebensumfeld. So wird zum Beispiel eine Schule finanziell unterstützt, wenn ein Kind dieser Schule im *Plan International* integriert ist. Hat eine Familie eines Patenkindes keine gute Trinkwasserversorgung, bedingt durch lange Fußmärsche zur Wasserquelle oder durch schlechte Wasserqualität, so kann vom *Plan International* ein Brunnen finanziert werden. Der *Plan International* kommt auf diese Art der gesamten Dorfinfrastruktur zugute. Weiters führt diese Organisation Ausbildungsseminare für ihre Repräsentanten in den Dörfern zu verschiedenen Themen durch.

Wenn Dorfbewohner gefragt werden, wer etwas für sie gemacht hat, dann ist der *Plan International* die Antwort, welche von einem Großteil der Bevölkerung gegeben wird. Vieles an Entwicklungsarbeit in diesem Dorf ist dieser Organisation zu verdanken. Immer wieder können größere Vorhaben durch den „*Plan International*“ verwirklicht werden.

2. Reisfelder

Als über die *Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta* (SAED), Bewässerungsflächen im gesamten Flusstal geschaffen werden sollten, wurden auch in Mbakhana Reisparimeter errichtet. War die SAED zunächst für die Agrarbevölkerung und deren Versorgung mit Samen, Dünger und anderem zuständig, musste später der Anbau über die CCA (*Caisse Credit Agricole*) finanziert werden und die Anbauflächen von Reis, aber auch Tomaten, welche in der nahen Fabrik verarbeitet wurden, wurden immer weniger.

Seit 6 Jahren wird in Mbakhana kein Reis mehr angebaut. Unterschiedliche Gründe werden für die Einstellung der Produktionen gegeben: zu wenig Regenfälle, sodass die Überschwemmungsflächen nicht ausreichend waren: eine zu schlechte Bodenqualität, die zuerst Verbesserungen nötig hätte. In jedem Fall aber fehlte die ausreichende Finanzierung.

3. Projet Buffle

USAID (*United States Agency for International Development*) finanzierte 1989 ein Büffelprojekt „*Projet intégré à l'élevage de Mbakhana*“ (integriertes Projekt zur Viehzucht in Mbakhana). Büffel wurden aus Asien importiert, sollten dann in Mbakhana gezüchtet und für die Arbeit als Zugtiere abgerichtet werden. Die

¹⁰⁹ Laut Aussage von El Hajj Samba Camara wurde der Plan International im Jahre 1982 gegründet.

Investitionen waren enorm: Stallungen wurden gebaut, Verwaltungsgebäude errichtet, Strom wurde eingeleitet (obwohl das Büffelgelände nur einige 100 Meter vom restlichen Dorf entfernt ist, wurde die Stromleitung nicht bis ins Dorf verlegt), Fahrzeuge für den Futtertransport wurden angeschafft, etc.

Die Büffel sollten in der Landwirtschaft Verwendung finden und die Arbeit der Bauern erleichtern. Mit dem Einstellen der Reisfelder, gab es aber bald keinen großflächigen Anbau in diesem Dorf oder deren Nähe mehr. Die Flächen der Gemüsegärten sind eher sehr klein, Büffel können dort nicht eingesetzt werden.

Als sich USAID aus dem Projekt zurückzog und die Anlage der senegalesischen Regierung überlassen hatte, übernahm PRODAM die Weiterbetreuung des Projektes. Seit der Übergabe gibt es aber immer wieder Finanzierungsschwierigkeiten.

Heute stellen die Büffel eine Last für die Bevölkerung dar: Sie werden nicht als Arbeitstiere eingesetzt, sind sehr teuer in der Ernährung (sie erhalten auch nicht ausreichend Futter und sind folglich relativ „schwach“). Weiters fehlen die Finanzen, das wenige aber nötige Aufsichtspersonal zu bezahlen.¹¹⁰

Der Nutzen der Tiere war nie wirklich gegeben. Von den 50 jetzt vorhandenen Tieren sollen demnächst 2 Stück für ein Projekt nach Matam verkauft werden.

4. Engagement der Italiener

Im November 1991 wurde die Ambulanzstelle für Mbakhana und Mbeysouss eröffnet. Aus Mitteln der italienischen Entwicklungshilfe gebaut, liegt diese Station etwas abseits von den beiden Dörfern, angrenzend an die damals für den Reisbau bestimmten Felder. Die Infrastruktur wurde zur Gänze von der italienischen Organisation aufgebaut: Wasserrohre wurden verlegt, eine Pumpstation errichtet, eine Solaranlage eingerichtet, ein Rettungswagen wurde gekauft. Eine riesige Halle sollte Garage und Lagerstation zugleich sein. Ein weiteres Gebäude mit 3 Räumen war als künftige Geburtenstation gedacht. Elektrizität und die Wasserversorgung waren solarbetrieben.

Heute hat die Station ein Einzugsgebiet von 6 umliegenden Dörfern. Es gibt zwei Angestellte, welche hauptsächlich Medikamente verkaufen oder Impfungen verabreichen. Betten laden nicht zum Liegen ein. Bei dem Wunsch nach einem Glas Wasser wird vor der Wasserqualität und seinem salzigem Geschmack gewarnt.

Die schlechte Erreichbarkeit war immer ein Nachteil der Krankenstation, da sie nur über eine sandige Piste in 1 km Entfernung zu Fuß zu erreichen ist. Der Krankenwagen ist "en panne" und steht seit drei Jahren in der Garage. Da es ein Fiat ist, sind im Senegal schwer Ersatzteile zu bekommen.

Die Nachforschungen über das Spital brachte folgende Vorgeschichte: Eine Solarplatte lag in einem Hof eines Wohnhauses neben einer Autobatterie, angeschlossen ein Fernseher. Auf die Frage nach der Herkunft der Solarplatte:

„Das Spital war von den Italienern für das gesamte Dorf gebaut worden. Als die Italiener dann weggegangen sind, haben wir unter der Bevölkerung alles ganz

¹¹⁰ Angeblich arbeiten einige schon das 2. Jahr ohne Gehaltsauszahlung

gerecht aufgeteilt; jeder Familienvorstand (*chef de famille*) hat damals einen Teil (wie z.B. eine Solarplatte; ...) erhalten.“

5. GIE – und der Beginn von Gemüseprojekten

Im Juni 1991 entstand auch in Mbakhana eine GIE (*Groupement d'Intérêt Économique*) und lief unter dem Namen „*Rénovation de Mbakhana*“.

Eine GIE ist eine Art wirtschaftliche Interessensgruppe, wurde aber oft von einer Einzelperson gegründet, welche eine wirtschaftliche Aktivität direkt umsetzen und vermarkten will (dazu muss die Initiative einfach im Handelsregister eingetragen werden). Eine GIE ist im Unterschied zu Vereinen auf Gewinn ausgerichtet und kann ohne Kapital gegründet werden. In Mbakhana wurde diese GIE – genannt *Renovation de Mbakhana* – von Doudou Fall gegründet.

Verschiedene Aktivitäten wurden begonnen, wie z.B. anfangs der Versuch einer Schafzucht, im Jahre 1996 wurden 2 Hektar mit Reis bebaut, dann wurde der Schwerpunkt vor allem in den Gemüseanbau gelegt: 1999/2000 wurde die Fläche von 1 ha mit Okra bebaut, anschließend wurden Tomaten und Auberginen gepflanzt, und im letzten Jahr: Tomaten, Erdäpfel und Wassermelonen. Da diese Fläche sehr stark dem Wind ausgesetzt ist, sollen Maispflanzen als Windschutz dienen.

6. ADM (Association pour le Développement de Mbakhana)

Heute überwacht die ADM (*Association pour le Développement de Mbakhana*) sämtliche Gruppen des Dorfes. Scherzhaft auch "gendarme de village" bezeichnet. Diese Vereinigung gibt es seit dem 4. 2. 1994; ein Schreiben bestätigt die offizielle Anerkennung dieser Vereinigung mit April 1997. Die *Association pour le Développement de Mbakhana* vertritt die gesamte Bevölkerung des Dorfes und fungiert als Art Dachorganisation. Alle Aktivitäten werden von einem *conseil d'administration* koordiniert.

Obwohl die ADM offiziell vom Staat subventioniert sein soll, hat sie nur ein Mal aus öffentlicher Hand Mittel erhalten. Sie organisiert Gelder über NGOs, gibt diese dann an einzelne Gruppen in Form von Darlehen weiter. Für diese Art der Kredite werden 10% kassiert, wovon 5% der ADM zugute kommen und 5% jeweils den Verantwortlichen überlassen werden.

Der Schwerpunkt liegt bei folgenden Gruppierungen

Foyer des jeunes (Jugendgruppe)

Junge Männer und Frauen zwischen 18 und 35 Jahren werden in diversen Aktivitäten, Gemüseanbau, Viehzucht, ... unterstützt. Ab einem gewissen Zeitpunkt gab es keine Finanzierung mehr; es wird versucht ein neues Büro zu finden und diese Vereinigung wieder neu zu starten.

Groupement de promotion féminine (Frauengruppe)

Section villageoise cooperative (Dorfkooperative)

7. Enseignement moyen pratique (EMP)

Alte leerstehende Gebäude aus der Kolonialzeit wurden als Werkstätten eingerichtet. Ausbildung und Arbeitsmöglichkeiten gab es für die Handwerke Näherei, Stickerei, Tischlerei; für Mechaniker sowie für den Ackerbau. Da diese Werkstätten nicht funktionell arbeiteten, wurden diese Tätigkeiten nach 2 Jahren wieder eingestellt. „Der Staat hätte zuwenig für diese Ausbildungsstätten getan“, bis zu der Aussage, „es hätte zuwenig Lehrlinge in den einzelnen Bereiche gegeben“, wurden von der Dorfbevölkerung als Gründe für das Einstellen dieser Arbeiten genannt.

Mithilfe der UNICEF soll eine Reaktivierung dieser Vorhaben in die Wege geleitet werden.

8. Geflügelzucht

Eine Geflügelfarm steht in mehreren Projektvorhaben. So hat einmal der *Plan International* eine Zucht finanziell unterstützt; dann wollte die Frauengruppe diese wieder in Angriff nehmen. Eines der alten Gebäude aus der Kolonialzeit wurde zum Hühnerstall umfunktioniert.

Hin und wieder werden Küken gekauft, großgezogen und dann bis nach Richard Toll zum Verkauf angeboten. Da ein Huhn am Markt bis zu CFA 2500.-¹¹¹ kostet, ist es – verglichen mit anderen Lebensmittel (Fisch, ...) relativ teuer und die Züchtung bezogen auf den eher geringen Aufwand sehr ertragreich. Eine ständige Zucht gibt es in Mbakhana aber nicht.

9. Getreidemühle

Der Erwerb einer Getreidemühle war eine weitere Anschaffung, welche über den *Plan International* möglich wurde: Um die Arbeit der Frauen zu erleichtern, hat der *Plan International* diese Getreidemühle finanziert. Diese Mühle hat einige Zeit funktioniert, ist aber seit ca. einem Jahr „en panne“. Die meisten Frauen fahren nun bis St. Louis, um ihr Getreide mahlen zu lassen. Es wurde aber bereits eine Anfrage nach einer neuen Mühle gestellt.

10. PNUD Réseau Afrique 2000

Das Programm der *Nations Unies pour le Développement* (PNUD) ist im Gebiet um St. Louis mit mehreren Projekten tätig und hat im Rahmen des Programms *Réseau Afrique 2000* in Mbakhana Aufforstungsprogramme finanziert. Einerseits gibt es einen kleinen Eukalyptuswald, welcher durch die negativen Auswirkungen von Eukalyptusbäumen auf die Bodenbeschaffenheit etwas umstritten ist. Andererseits gab es 1998 Aufforstungen mit knapp über 2000 Bäumen und im Jahre 2000 mit ca. 3300 Bäumen, welche 4 ha Wald mit seltenen oder in dieser Region bereits ausgestorbenen Baumarten schaffen sollten.

¹¹¹ 2500 CFA entsprechen 3,8 Euro

Über dieses Aufforstungsprogramm kamen 11 Millionen CFA in die Kassen der ADM Damit konnten dann auch viele andere Aktivitäten mitfinanziert werden (Interview mit Mussa Ba, vom 19. März 2002). Ende März 2002 sollte eine Sitzung des *Fonds pour l'Environnement Mondial* (FEM-PNUD) stattfinden – Mussa Ba erwartete eine zweite Tranche der Geldzusage.

Wichtige Bereiche, welche damit finanziert wurden oder werden sollen sind:

Wiederaufforstung, Dünenstabilisierung (oberhalb des Dorfes wurden einige Bäume zur Stabilisierung gesetzt), Reinigung des Lampsar.

11. PAM – Programme Alimentaire Mondiale

Zwischen 1999 und 2001 wurde vom Welternährungsprogramm (PAM)¹¹² u.a. auch ein Programm für Mbakhana erstellt: Der Fluss ist zugewachsen, floßartig schwimmt mit Gras verwachsenes altes Gehölz darin. Konnte in diesem Gebiet früher sehr viel gefischt werden, sind heute aufgrund der Verschmutzung viele Fischarten ausgestorben. Die Verschmutzung brachte aber auch – laut Mussa Ba von der ADM – die Bilharziose in den Fluss.

Für das Reinigen ihres Flusses, also das Entfernen von totem Holz, sollte die Bevölkerung Reis und Öl, zwei der am meisten gekauften Nahrungsmittel, erhalten und so ein Anreiz für diese Reinigungsarbeiten gegeben werden. Damit sollten zugleich zwei weitere Ziele erreicht werden: Das Ausrotten der Bilharziose und die Erweiterung/Zurückgewinnung der Fischvielfalt. Fisch ist neben Reis das Hauptnahrungsmittel in dieser Gegend.

Sobald die Lebensmittel, welche aus diesem Budget finanziert wurden, zu Ende gingen, hörte die Bevölkerung mit diesen Arbeiten auf. Fische müssen nach wie vor in St. Louis eingekauft werden.

12. Projet de maraîchage – Groupement Féminin de Mbakhana

Eine Frauengruppe (*Groupement Féminin de Mbakhana*) startete im Dezember 1997 ein Projekt, wo unter anderem Gemüseanbau forciert wird, das Projekt wurde für 5 Jahre konzipiert und hat die Sicherung der Gemüseproduktion, die Entwicklung des Handels im informellen Sektor (*petit commerce des revendeurs*) und eine Verringerung der Arbeitslosigkeit durch Schaffung von Arbeitsplätzen zum Ziel.

Mit der Projektsumme, wurden alle Arbeiten, beginnend mit der Feldbestellung, Materialbeschaffung, etc beglichen. Eine engagierte Frauengruppe steckte sich hohe Ziele und will Effizienz und hohe Rentabilität erreichen. Laut Bator Mbodj, der Präsidentin der *Groupement Féminin*, hat die Gruppe 145 Mitglieder.

Mit Erdäpfel, Tomaten und Wassermelonen wurde begonnen und im Winter 2001/2002 wurden Zwiebel und danach Gombo angebaut. Die Vermarktung erfolgt über Händler, welche vom Dorf direkt kaufen und dann von St. Louis bis Dakar weiterverkaufen.

¹¹² Das Welternährungsprogramm (PAM) setzte sich für die Stärkung von Humanressourcen und damit des Erziehungssystems ein, fördert Projekte zur Erhaltung der Umwelt, der Stadtsanierung und zur Sicherheit von Nahrungsmittel.

13. Cap sur Tundu Mbakhana

Auf Privatinitiative zweier Französisinnen entstand die Idee, die alte Fabrik des Dorfes als Touristenattraktion zu nutzen. Gemeinsam mit der Bevölkerung starteten sie dieses Projekt. "Vor einem Jahr wussten wir noch gar nicht, was wir mit dieser Fabrik sollten" sagte die Präsidentin des Vereins *Cap sur Tundu Mbakhana*. Jetzt wird jeden Donnerstag eine touristische Veranstaltung geboten:

Begonnen wurde mit der Reinigung dieser Fabrikgebäude. (Die Umgebung soll auch nach und nach vom Müll befreit werden.) Mit den Einnahmen soll ein Fonds zur Verbesserung der Lebensbedingungen im Dorf eingerichtet werden. Der Verein *Cap sur Tundu Mbakhana* soll die formellen Rahmenbedingungen schaffen, dieses „Tourismus-Projekt“ und weitere künftige Entwicklungsprojekte ermöglichen.

Der Verein hat mit Diary Ba eine Frau als Präsidentin, Doudou Fall ist der Vizepräsident; diese bilden gemeinsam mit einem Generalsekretär und dessen Stellvertreter sowie einen Kassier und dessen Stellvertreter und weiteren DorfbewohnerInnen das 21 köpfige Vorstandskomitee.

Drei Stunden lang werden bei der Fabrik, Getränke, Süßigkeiten und sonstige Leckereien angeboten und Führungen durch die Fabrik gemacht. 2 Trommler sorgen für Unterhaltung. Kinder sollen zum Tanz animieren, Ringwettkämpfe – von Schülern dargeboten – bilden das Rahmenprogramm. Werbung wird dafür vor allem in den Hotels von St. Louis durchgeführt, wo die Touristen auch gleich diese Tour buchen können.

Im Februar 2002 – nach 7-monatiger Vorbereitung – begannen die Nachmittage; als Eintritt wurden CFA 1.000,- verlangt¹¹³. Süßigkeiten werden bei reduzierter Menge – verglichen mit St. Louis oder anderen Orten – zum drei- und vierfachen Preis angeboten. Nach einem Monat wurde der Eintrittspreis auf CFA 2.000,- verdoppelt. Alle BesucherInnen erhalten daneben die Möglichkeit, mit mindestens CFA 6.500,- jährlich Mitglied des Vereins *Cap sur Tundu Mbakhana* zu werden.

In den ersten 6 Wochen konnten bereits zweimal Besucherzahlen von 25 Personen registriert werden, und die Gesamteinnahmen beliefen sich – nach Aussage einiger Dorfbewohnerinnen – in dieser relativ kurzen Zeit bei CFA 200.000,-¹¹⁴.

Überlegungen und Schlussfolgerungen aus diesen Projekten

In Mbakhana sind in den letzten 15 Jahren einige Projekte im Rahmen von Nord-Süd-Kooperationen durchgeführt worden. Das Dorf ist an Hilfe von außen gewöhnt. Projekte gab es bisher sowohl im sozialen Bereich wie am

¹¹³ Zum Vergleich: im Februar 2002 kostete der Eintritt in das Musée Adanson in St. Louis CFA 500.-, in das Musée d'Art Africain de Dakar CFA 200.- und in den Nationalpark Djoudj, dem weltweit drittgrößten Vogelreservat, für 24 Stunden Aufenthalt CFA 2.000.-.

¹¹⁴ 200.000.- CFA entsprechen 307 Euro

Landwirtschaftssektor. Nach Beendigung der Projektphasen war dann meist alle Aktivitäten eingestellt. Für die jeweiligen Anfangsphasen kann nicht Mangel an Eigeninitiative festgestellt werden. Eine fehlende fortlaufende Betreuung wird von Verantwortlichen im Dorf als Ursache für so manches Scheitern gesehen. Wird die Bevölkerung mit einem Projekt alleine gelassen, kommen nach dem Verlassen der Projektleute alle Neuerungen ins Stocken. Denn mit den diversen Neuerungen hat die Bevölkerung noch nicht wirklich gelernt umzugehen. Im Falle einer Reparatur fehlt dem Dorf jegliche technische Kompetenz.

Das Scheitern unzähliger Projekte in diesen Regionen hat zu vielen Überlegungen und auch Untersuchungen geführt, die aber nicht tiefgreifend genug waren. Fehlende Partizipation (als Faktor für den Erfolg), mangelnde Mitbestimmung, Mitentscheidung und Mitentwicklung des Projektes seitens der betroffenen Bevölkerung wurden und werden als Faktoren gesehen. Aber auch selbstinitiierte, mit großem Engagement begonnene Projekte und Projekte, bei denen aus Dorfgruppen und Projektpersonen bestehende Komitees alle Planungsschritte durch besprochen haben, bestehen – wie Mbakhana zeigt – nicht weiter, wenn die Betreuung, die Finanzierung und die Ratschläge von außen wegfallen.

Wenn Projekte einen ganz anderen Effekt erzielen, als die Projektgeberseite im Auge hatte: anstelle einer mit Solaranlage betriebene soziale Einrichtung die einzelnen Solarplatten aufgeteilt an Familien, mit einer Autobatterie verbunden die Möglichkeit zu batteriebetriebenen Fernsehen; dann stellt sich die Frage, was sind die wirklichen Bedürfnisse, wo liegen die Fähigkeiten tatsächlich, wurde bei Problemnennungen auf denselben Vorstellungswelten aufgebaut etc.

Wie in vielen westafrikanischen Dörfern scheinen auch hier Hilfen – nach den Maßstäben von Geberorganisationen gemessen – immer wieder fehlzuschlagen. Konzepte, Methoden und Vorgehensweisen wurden oftmals geändert.

Es wird auf einem Gedankenkonstrukt aufgebaut, welches Fundamente der westlichen Wertesysteme hat und deswegen nicht in die Projektregion übertragbar ist.

Als Folge ist vielfach eine spezielle Haltung entstanden. Sie hat ihre Wurzeln einerseits im kulturellen Wertesystem: ein Selbstverständnis von Teilen und Erhalten, ein gemeinschaftliches Agieren. Eine Erziehung in einer westafrikanischen Gesellschaft vermittelt nicht das selbstständige Agieren von Einzelpersonen, der Wert eines Menschen wird hier als Glied der Gesellschaft gemessen und gesehen. Sie sind daher auch in der Gruppe initiativ, aber nicht als Einzelperson.

Mitunter entsteht der Glaube – entsprechend dem subjektiven Empfinden und den bisher gemachten Erfahrungen -, dass Leute „von außen“ sich alles leisten können, sich all ihre Wünsche erfüllen können (Verwandte im Ausland können immer wieder um Hilfe gefragt werden). Auch im Zusammenhang mit Projekten besteht der Glaube, es sei immer genügend vorhanden, man müsse nur entsprechend fordern. Und dies geht so weit, das jeder Einzelne von „einem Weißen“ einfach fordert, in Dimensionen, welche weit über das Maß hinaussschreiten, was dieser je geben könnte. Es sind aber die Weißen, welche

den Eindruck von der *Außenwelt*, dass dort die Quellen nie versiegen können, vermitteln¹¹⁵.

Viele leben in einem enormen Zwiespalt, sehen das Agieren von Weißen und bekommen bestimmte Vorstellungen von anderen Ländern. Im Gegensatz dazu wird die Kaufleistung im Dorf immer geringer. Die Lebenshaltungskosten stiegen und steigen enorm. Kam es durch Sparmaßnahmen der Regierung (in Folge von Strukturanpassungsprogrammen) zu einer Vervierfachung der Kosten für Dünger, wird die landwirtschaftliche Produktion unattraktiv. Die Geldentwertung von 1994 heizte die Inflation an. Die meisten Befragten sehen für die Zukunft ihrer Kinder in ihrer Heimat wenig Chancen.

Die lange Interaktionstradition zwischen Dorf und „externen“ Projektleuten beeinflusst neue Kontakte, bildet auch ein ganz bestimmtes Bild über die Geber sowie ihrer eigenen Rolle.

Situation in Mbakhana 2004

Elektrizität

Das Dorf wurde vor ca 18 Monaten an die elektrische Versorgung angeschlossen. In alle Wohnhäuser wurde Licht eingeleitet, die ganze Nacht hindurch gibt es schwache Straßenbeleuchtung. Fernseher und Eiskästen wurden gekauft. Ein Telecenter wurde eingerichtet, welches ganztags die Möglichkeit zum Telefonieren bietet. Ein Restaurantstand, welcher abends von Jugendlichen frequentiert wird, ist ebenfalls neu.

Neu ist auch die Möglichkeit für Erwachsene, an einer Alphabetisierung in arabischer Schrift teilzunehmen. Einmal pro Woche wird der Unterricht angeboten. Auch viele Frauen nutzen diese Gelegenheit.

Wirtschaftliche Situation

Im Laufe des letzten Jahres entstand die GDS in unmittelbarer Nähe (ca. 2 km) des Dorfes entstanden, welche insgesamt 400 Personen beschäftigt. Wenn auch die Bedingungen äußerst schlecht und die Bezahlung gering ist, so ist die gesamte Umgebung froh, dort Arbeit gefunden zu haben. Für die unzähligen Arbeitsuchenden, welche sich vor zwei Jahren – im Zuge meiner ersten Enquete festgehalten – in Mbakhana aufhielten, eine Erlösung aus ihrem erzwungenen Nichtstun-Dasein. Insgesamt haben 70 Personen aus dem Dorf dort Arbeit gefunden.

Auf der anderen Seite bedeutet der Wegfall der Hälfte der Jugendlichen und Männer, welche in der Tomatenproduktion arbeiten, dass viele kleine Initiativen, welche im Laufe der letzten Jahre entstanden sind, schlagartig gestoppt wurden.

War vor zwei Jahren der Großteil der Dorfbewohner enthusiastisch im Tourismusprojekt engagiert, so ist dieses völlig zum Erliegen gekommen. Das

¹¹⁵ Touristen sowie Projektleute

Projekt von zwei Französischen geleitet (eine von diesen ist in der Zwischenzeit an einem Nierenleiden (Bilharziose ?) verstorben) war bis ins Detail organisiert, all die wöchentlichen Versammlungen dienten zur Sensibilisierung der Bevölkerung und immer wieder Aufzeigen von aktuellen Schwierigkeiten, Möglichkeiten, welche sich dem Dorf bieten und dem Betonen von eigenem Engagement, welches für die Entwicklung des Dorfes von größter Notwendigkeit ist. Trotz dem starken und engagiert wirkenden Vorstandskomitees und der intensiven Beschäftigung seitens der Projektleute mit den Dorfbewohnern, ist das Projekt nach dem Tod einer der Organisatorinnen fast zum Erliegen gekommen.

Ourourbe

Ourourbe liegt im nördlichen Ferlo. Dieser „erstreckt sich mit seiner Gesamtgröße von 70.000 m² über 35% des Staatsgebietes. Die Böden sind karg, die Vegetation ist spärlich, Dünen und Steppen herrschen vor. Extensive Weidewirtschaft ist die einzige (mögliche) Wirtschaftsform. Die Hauptbevölkerung sind halbnomadisierende Fulbe. Nördlich davon ist das Flusstal wesentlich dichter und von verschiedenen Bevölkerungsgruppen besiedelt.

Walo und Dieri

Das Flusstal zwischen Richard Toll und Bakel lässt sich in zwei große Nutzungszonen unterteilen: In das *Walo*, wo traditionellerweise Überflutungsfeldbau betrieben wird, und in den *Dieri*, wo Regenfeldbau stattfindet.

Angebaut wurde früher vor allem Hirse und Mais sowie in kleinen Mengen Trockenreis und Gemüse. Die jährliche Anbaufläche variiert entsprechend dem Wasserstand, da die Überflutungsflächen je nach den jährlichen Niederschlagsschwankungen unterschiedlich groß sind.

In der angrenzende trockene Ebene („Dieri“) wird im Regenfeldbau auf etwa 2 bis 3 Hektar großen Feldern hauptsächlich Hirse angebaut, daneben aber auch Bohnen, Melonen und Erdnüsse (Hammer 1995). Der Dieri wird aber vor allem zur traditionellen Wanderweidewirtschaft genutzt. Je nach Niederschlagssituation verbringen die Viehzüchter die Regenzeit weiter im Süden. Nach guten Regenjahren können sie länger dort verweilen. In der Trockenzeit gehen sie hinunter ins Senegalflusstal, um die Überreste des Kulturanbaus sowie die dortigen Wasserquellen zu nutzen. Diese Nutzungsräume (Walo, Dieri und das Grenzgebiet zwischen diesen beiden Zonen) stehen in enger wirtschaftlicher und soziokultureller Beziehung zueinander. Im Flusstal ergibt sich ein Nebeneinander von Ackerbau, Viehzucht und Fischerei. Bei der Transhumanz zwischen Dieri und Waalo sind Viehzüchter auf die traditionellen Wege- und Nutzungsrechte angewiesen, welche aber im Zuge der modernen Nutzungsstrategien immer mehr in Frage gestellt werden.

Nutzungsrechte

In den Familiensiedlungen (houroum), ein Sektorsystem, welches auf Absprache zwischen den Bodenchefts in den verschiedenen Dörfern zustande kommt, sind Zugänglichkeit und Nutzung der einzelnen Sektoren fest geregelt. Der Bodenbesitz und die Nutzungsrechte sind an die Familien gebunden und nicht an Individuen, was die Ausgrenzung einiger Familienmitglieder verhindert.

Die Situation der Viehzüchter

Nach den extremen Dürrejahre 1973 sowie 1984/85, welche eine drastische Reduktion der Baum- und Grasvegetation zur Folge hatten, wurde die Versorgung der Viehherden schwieriger, obwohl in den beiden trockenen Perioden sich auch der Tierbestand kurzfristig stark reduziert hat. Die anhaltende und noch zunehmende Desertifikation wurde in den Folgejahren dann dadurch verstärkt, dass der Lebensraum der Nomaden immer „enger“ wurde. Nomaden wurden immer mehr abgedrängt. Speziell nach Aufhebung des tradierten Bodenrechtes und Anwendung eines neuen Bodennutzungsgesetzes nach 1978 dringen fremde Hirten und Herden vor, und Ackerbauern dringen in das Stammland der Nomaden ein. (MÜLLER 1993); somit wird die Stützung auf tradierte Rechtsinstitutionen zunehmend schwieriger. Brunnenbauten – ursprünglich für die Wasserversorgung von Nomaden gedacht – fördern ebenso sehr die Einwanderung weiterer Bauerngruppen. Landnutzungsrechte der Fulbe waren weniger gesichert. Wandernde Viehzüchter hinterlassen keine Spuren im Vergleich zu den Feldern der Ackerbauern, die auch nach der Saison sichtbar bleiben.

Zusätzliche, in den Jahren zuvor noch nicht stattgefundene, Wanderbewegungen aus dem Norden in südliche Richtung wirkten sich auf die gesamte Bevölkerungsdichte des Ferlo aus. Mauretanischer Hirten erreichten den Senegal; der blutige Grenzkonflikt von 1989 zeigte das Ausmaß der damals entstandenen Spannungen. Auf der anderen Seite wurden aber weiter im Süden Ausweichmöglichkeiten anderer Hirtengruppen abgeschnitten. Die aggressive kommerzielle Erdnusswirtschaft am Südrand des Ferlo benötigte alle Flächen, und Bauerngruppen wurden dort von den Mouriden¹¹⁶ entsprechend gefördert. Eine Überlegenheit der bäuerlichen Bevölkerung machte eine starke Ausweitung des Ackerbaus möglich; dies bedeutete aber zugleich die räumliche Einschränkung der Weideflächen und damit der Existenzgrundlage der nomadischen Bevölkerung/Viehzüchter. Die Nomaden hingegen hatten fast nie Vertreter in der Regierung oder anderen Institutionen, und auf ihre Bedürfnisse wurde kaum Rücksicht genommen.

Angepasste Nutzungsform

Wird den Fulbe oft die Mitschuld an der Desertifikation und ihren Folgen mit dem Argument gegeben, dass sie auf relativ kleiner Fläche viele Tiere stehen haben und die Böden dadurch übernutzt werden, so muss genau betrachtet

¹¹⁶ Religiöse Bruderschaft

werden, wie es zu dieser Situation kommen konnte, und alle Rahmenbedingungen müssen berücksichtigt werden. Die Frage muss danach neu gestellt werden: Wer trägt die eigentliche Verantwortung für die Überweidung? Wie MÜLLER schon 1993 beschreibt, haben sich die Fulbe immer wieder „weise“ an die Natur anzupassen vermocht. Sie haben eine „ökonomische Ratio“ in der Auseinandersetzung mit der Natur entwickelt. Denn das Nutzungssystem der nomadisierenden Viehzüchter war den ökologischen Bedingungen weitgehend angepasst.

Projektstandort Ourourbe

Ourourbe liegt in der *Région de Saint-Louis* im östlichsten Teil des Departements von Dagana¹¹⁷ (12.850 km²), im Arrondissement von Mbane¹¹⁸ (2.481 km²) und gehört zur Gemeinde von Richard Toll.

Die nächste Stadt, Richard Toll (die CSS¹¹⁹ dominiert die Arbeitssituation dieser Region), ist nur 7 km entfernt, dennoch gibt es in den umliegenden Dörfern keine Infrastruktur, keinen Strom; nur Sandpisten führen zu diesen Dörfern.

Die einzige Bevölkerungsgruppe sind die Fulbe, halbnomadisierende Viehzüchter. Die Bezeichnung Ourourbe ist nicht nur der Name des Dorfes, sondern steht zugleich für einen Fulbeclan.

Das Dorf Ourourbe, oft Ourourbe oder auch Ourourbe ausgesprochen, besteht laut Aussage von Amadou Gueye Ba, dem Dorfcchef, aus insgesamt 40 Weilern mit 1177 Personen. Im Weiler des Dorfcchef selbst stehen 18 Hütten mit 115 Einwohnern. Diese endogame und noch sehr traditionell lebende Gesellschaft wohnt in Strohthütten, welche witterungsbedingt zweimal pro Jahr renoviert werden müssen, eine mühevoll Arbeit, welche in den Aufgabenbereich der Frauen fällt. Amadou Gueye Ba wohnt hier mit seinen drei Frauen, deren Kindern (samt Familien) und Enkelkindern und deren Familien.

Die Standorte der Weiler, oft gesamter Ortschaften sind aufgrund der nomadisierenden Bevölkerungsgruppen nicht über lange Zeit hin konstant. Genaue Karten sind schwierig zu erstellen und nicht von langer Gültigkeit.

Die Bewohner sind Analphabeten. Ihre einzigen Informationsquellen sind lokale Märkte. Nur 3 Buben aus dem Weiler besuchen eine Schule in einem benachbarten Dorf. Der Schulbesuch muss unterbrochen werden, wenn die Familien auf Transhumanz sind. Ein einziger Mann arbeitet in der Zuckerfabrik in Richard Toll. Der älteste Sohn des Dorfcchefs ist Viehhändler und verkauft gemeinsam mit anderen Händlern aus benachbarten Dörfern Schafe in den Süden. Alle anderen sind reine Viehzüchter. Frauen sind Milchverkäuferinnen.

¹¹⁷ Präfekt zur Zeit des Projektbeginnes ist Mamadou Dia

¹¹⁸ Unterpräfekt zur Zeit des Projektbeginnes ist Ngone Eliot Diouf dit BABACAR

¹¹⁹ s. S. 44

Die Gesellschaft der Fulbe

Die Frau wirtschaftet unabhängig von ihrem Mann, teilt sich mit ihm (genau festgelegt) die familiären Versorgungspflichten. Die Ansprüche, die diese aneinander haben, sind genau bemessene und festgelegte Pflichten.

Der Bereich der Frauen sind die Hütten. Neben dem Hüttenbau müssen sie alle Nahrungsmittel (außer die Vorräte an Getreide) beschaffen und kümmern sich um die Essenzubereitung. Holz-, Wasserholen, Pflege und Erziehung der kleinen Kinder obliegt den Frauen. Täglich erhalten sie von ihren Männern/Söhnen die frisch gemolkene Milch. Die *Milch* gehört der Frau, ebenso die Einnahmen aus dem Milchverkauf. Damit muss sie aber auch ihre Ausgaben bestreiten. Frauen verfügen über Ersparnisse, in Tieren angelegt. Jede verwaltet ihr eigenes Geld.

Der Mann ist für Viehhaltung und Getreidebeschaffung, für das Melken genauso wie für die Rindervermarktung zuständig. Zukauf größerer Mengen von Getreide auf Märkten sowie die medizinische Versorgung (von Mensch und Tier) gehören zum Aufgabenbereich des Mannes. Der Familienälteste verfügt über die gesamte *Herde*. Somit verfügt der Vater auch über die Arbeitskraft seiner Söhne. Er verwaltet das Kapital der Familie; er ist jedoch keineswegs Besitzer sämtlicher in seinem Gehöft gehaltenen Tiere!

Der Begriff „*Eigentum*“ hat für jede Kultur einen eigenen Bedeutungsgehalt und bedeutet hier nicht absolute Verfügungsgewalt.

Es ist die Pflicht des Vaters seinen Kindern – Mädchen wie Buben – ein weibliches Kalb oder eine Färse zu geben. Üblicherweise wird dieser Grundstock für die eigene Herde bereits bei der Geburt oder in den ersten Lebensjahren gegeben. Der Besitz des Mannes wird sukzessive an seine Kinder verteilt, welcher sich bei ihnen vermehren kann.

Unverheiratete Kinder haben nicht das Recht Rinder zu verkaufen. Sie benötigen dafür auf jeden Fall die Zustimmung des Familienvorstandes. Der Gehöftälteste ist in letzter Instanz für Zusammensetzung und Wohlergehen der Herde verantwortlich. Erst durch die erste Heirat erlangen Söhne ihre wirtschaftliche Autonomie. Das Erbe der Töchter bleibt nach deren Heirat zum größten Teil beim Vater oder später bei den Brüdern, damit hat ihr Anspruch an die eigene Familie auf Versorgung im Alter oder nach einer Scheidung sowie Anspruch ihrer Kinder auf Unterstützung in Notlagen eine gewisse ökonomische Grundlage.

Die Gemeinschaft übernimmt die Aufgaben eines modernen westlichen Sozialversicherungssystems. Ursprüngliches nomadisches Leben ist ein Leben ohne Rückversicherung der modernen Gesellschaft (Schule, Altersversorgung, Hospital oder Lohnarbeit). Diese Familienverbände können sich weitgehend selbst versorgen, haben deshalb für die Nomaden eine viel größere Bedeutung als übergeordnete staatliche Institutionen. Diese spielen eine sehr viel geringere oder gar keine Rolle. Ein Ful ist auf sich selbst gestellt. Gegenseitige Hilfe – basierend auf Verwandtschaft, Freundschaft, einem Netzwerk gegenseitiger sozialer Verpflichtungen – ist das einzige, worauf er sich verlassen kann.

Beziehung der Geschlechter

Die Männer heiraten in der Regel 2 Frauen. Auffallend ist, dass der Altersunterschied zwischen den Frauen des gemeinsamen Ehemannes meist nicht sehr groß ist. Der Dorfchef, Amadou Gueye Ba, hat drei Frauen. Die erste Frau ist zwar 60 Jahre alt, die beiden anderen sind aber beide um die 40; Ousman Ba, sein Sohn, ist seit einem Jahr bzw. seit sieben Jahren mit seinen beiden Frauen verheiratet, beide sind unter 20 Jahre jung. Frauen müssen Polygamie einfach akzeptieren, wenn dies der Mann so wünscht.

Bei den Fulbe werden die Brautleute nach wie vor von deren Familien bestimmt, sind oft schon vom Kleinkindesalter an einander versprochen. Fulbe verheiraten ihre Töchter ab dem Alter von 11 oder 12 Jahren. Auch wenn nach dem ersten Hochzeitsfest die Frau noch 2 Jahre in der Familie der Eltern verbleibt, und erst danach – ausgestattet mit der Mitgift – in das Haus¹²⁰/Dorf des Mannes zieht, kommen sie sehr jung in die Pflicht und Verantwortung einer eigenen Familie.

Die *debbo mawɓol*, die erst geheiratete Frau, welche häufig bereits als Kind dem Mann zur Frau gegeben wurde, hat später einen besonderen Status, die späteren Nebenfrauen müssen sich ihr unterordnen.

Die Vermischung beider Geschlechter fiel bei dieser Gruppe von Ourourbe besonders auf. Erwachsene Männer und Frauen essen aus einer Schüssel – ein Faktum, welches bei vielen Fulbegruppen über ganz Westafrika verteilt, undenkbar wäre.

Stellung des Rindes

Das Rind ist der wichtigste ökonomische Faktor. Es stand und steht im Mittelpunkt des Lebens der Fulbe. Die wirtschaftliche Bedeutung des Rindes liegt vor allem in dessen Produkten! Es dient der Kapitalanreicherung und wird nur zu bestimmten Zeremonien geschlachtet, und nur in einer wirtschaftlichen Not verkauft.

Das Rind ist mehr als nur Lebensunterhalt, Fulbe entwickeln eine Leidenschaft für ihre Tiere. Die Herde hat die Funktion einer Sparkasse. Rinder bedeuten Kapital, Vermögensverwaltung und Unabhängigkeit. Die Stellung der Tiere ist selbst in ihrer Sprache verankert. Das Fulfulbe als Klassensprache ordnet dem Rind eine eigene Klasse zu. Es gibt zig Bezeichnungen für jede erdenkliche Art eines Rindes und ihres jeweiligen Aussehens. Die Sprache hat eigene Pronomen für das Rind.

Bei allen wichtigen Festen spielt eine Kuh, ein Kalb eine Rolle. Jeder Sohn, jede Tochter der Fulbe erhält bereits bei der Taufe das erste Tier geschenkt, welches den Grundstock für seinen/ihren späteren eigenen Herdenbesitz bildet.

¹²⁰ Das Haus, welches der Mann für sie bereitstellt.

Hütten

Die Hütten in Ourourbe, in der Grundform oval, bestehen aus einem Holzgerüst – Stützen, welche in die Erde gegraben sind, an denen dann mit Pflanzenfasern dünne Äste zur weiteren Unterstützung gebunden werden. Meist steht an beiden Enden ein Bett und auf den beiden Längsseiten eine Ablagefläche, welche je nach Bedarf als Regal oder als Bank dient. Um dieses Holzgerüst wird Stroh gebunden. Jede Ehefrau hat ihre eigene Hütte, Männer wechseln in gleichen Intervallen von einer Hütte zur anderen.¹²¹ Der Bau der Hütten ist Frauenarbeit. Hütten müssen zwei Mal pro Jahr renoviert und oft alle zwei Jahre erneuert werden, da das Holz, welches im Boden steckt, nachgibt und morsch wird. Der Regen in der Regenzeit setzt den Hütten stark zu, der starke Wind tut das seinige, um das morsche Holzgerüst endgültig zu Fall zu bringen.



Abb. 56 und 57: Hüttenbau in Ourourbe (M. Gajdos)

¹²¹ Der Islam schreibt einem polygynen Mann vor, jeweils gleich viele Nächte (und Tage) bei jeder seiner Frauen zu verbringen.



Abb. 58: Hütte in Ourourbe (M. Gajdos)

Die Hütten in Ourourbe sind in drei Reihen aufgestellt. Auffallend waren die Öffnungen: alle sind gegen Westen oder Süden gerichtet (die letzte Reihe war somit in den offenen Busch gerichtet). Die Winde – in der trockenen Jahreszeit in den Monaten Jänner bis März besonders heftig – in dieser Gegend blasen von Osten und Norden.

Jede Frau hat eine Kochstelle, viele haben diese mit Strowänden von vier Seiten geschützt, manche haben die Feuerstelle einfach neben ihrer Hütte im Freien. Wenn die Frauen zum Brunnen gehen, um Wasser zu holen, erledigen sie meist gleich dort hinter nahen Büschen das Duschen. Sie ersparen sich damit das Waschwasser weit zu tragen. Toiletten gibt es im Dorf keine. Dazu gehen sie in den Busch hinaus.

Das Leben in Ourourbe – Die Ernährungssituation

Die Ernährungsbasis bilden Hirse, Reis und Milch. Getreide wird nach dessen Ernte eingekauft und gelagert. Bedingt durch die schlechte ökonomische Situation des Dorfes muss sich die Nahrungssituation nach dem richten, was im Dorf vorhanden ist. Die Ernährung ist einseitig, saisonabhängig unzureichend, meist besteht eine Unterversorgung an einigen wichtigen Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen. Obst steht fast nicht, Gemüse nur in kleinen Mengen auf dem Speiseplan; Obst wie Gemüse können nur – für diese Menschen relativ teuer – in der Stadt eingekauft werden.

Morgens wird Couscous mit Milch gegessen (*lacciri e kosam*), zu Mittag gibt es meist Reis (oder Hirse) mit etwas Gemüse oder mit Bohnen und Butter gekocht, abends entweder ein Reisgericht oder *lacciri*. Neben den Grundnahrungsmitteln sind die Zutaten sehr spärlich. Ab und zu getrocknetes Fleisch, kaum Gemüse,

viel Fett. Fisch ist im Gegensatz zu Fleisch sehr billig; Fischmahlzeiten sind daher etwas Häufigeres, auch wenn dabei auf jede Person nur ein paar kleine Stückchen Fisch fallen. Fleisch wird immer nur in kleinsten Mengen genossen. Fleisch ist Luxus. Fulbe kaufen eher am Markt Fleisch ein, bevor sie selbst eines ihrer Tiere schlachten. Fleisch wird nur bei zeremoniellen Anlässen (Tabaski, Heirat, Taufe) gegessen und dann nur Jungbullen, selten wird ein Schaf verzehrt. Tiere dienen der Milchproduktion!

Im Normalfall wird Milch das ganze Jahr über gegen tägliche Nahrungsmittel eingetauscht.¹²² (Während der Regenzeit gibt es sehr viel Milch.) Die Frauen gehen jeden Tag auf den Markt, um dort ihre Milch zu verkaufen, mit dem Erlös kaufen sie dann die Nahrungsmittel, die für den nächsten Tag benötigt werden (Gewürze, Zucker, Gemüse, eventuell Fisch, sowie Erdnüsse) sowie auch Seife etc. Viele nutzen den Eselkarren, um auf den Markt zu gelangen, andere gehen zu Fuß.

Bei Sonnenaufgang werden die Tiere versorgt. Danach wird das Frühstück eingenommen, das Mittagessen ist meist gegen 14 Uhr fertig. Der Anteil für die Hirten, die mit der Herde unterwegs sind, wird zur Seite gestellt. Sie kommen vor Sonnenuntergang (in diesen Breiten immer zwischen 19 Uhr und 20 Uhr) zurück. Das Abendessen wird nach Einbruch der Dunkelheit serviert, oft sehr spät (nach 22 Uhr). Das Zubereiten des Abendessens ist die letzte Aktivität des Tages.

Den Tag über wird sehr viel Tee getrunken (typisch arabischer Tee in kleinen Portionen und in drei Durchgängen. Oft mit frischen Minzeblättern verfeinert). Die erste Teerunde gibt es oft gleich nach oder mit dem Frühstück. Beliebt sind dazu dann auch altes Brot oder trockene Kekse, welche in Richard Toll gekauft werden können. Erdnüsse werden oft zum Tee geknabbert. Als Durstlöcher oder Getränk, welches Gästen angeboten wird ist *tufam*, eine stark mit Wasser verdünnte Milch. Zucker ist immer sehr beliebt.

Die Ernährung ist einseitig und richtet sich nach dem, was im Dorf vorhanden ist – mit ganz wenig Gemüse und fast keinem Obst, da sowohl Obst wie Gemüse nur relativ teuer in der Stadt eingekauft werden kann. Können Fulbefrauen heute, unmittelbar nach der Katastrophe vom Jänner 2002, aufgrund der stark dezimierten Herden weniger Milch am Markt verkaufen und somit weniger Zutaten für den täglichen Bedarf einkaufen, werden ihnen die Erträge vom Gemüsegarten zugute kommen. Ihre für die Familienversorgung notwendigen Bedarf an Nahrungsmittel werden sie mit dem Erlös des Milchverkaufes und den zusätzlichen Früchten aus dem Gartens erreichen können.

Die Wassersituation

Das Wasser des Brunnens, welcher erst vor 2 Jahren errichtet wurde, weist einen hohen Salzgehalt auf, sodass Trinkwasser von 10 km Entfernung geholt werden muss. Für einen 20 Liter Kanister werden 5 CFA¹²³ .- (bezahlt. Brunnen

¹²² Zu Beginn des Jahres 2002 gaben die Tiere über einige Wochen hinweg aufgrund der Kältekatastrophe keinen Tropfen Milch.

¹²³ 1000 CFA entsprechen 1,5 Euro

liegen in Verwaltung eines Dorfchefs und Amadou Gueye Ba, der Dorfchef von Ourourbe, verwehrt – entsprechend der Fulbemanier – keinem dieses kostbare Wasser. Mit Wasser wird entsprechend respektvoll umgegangen. Von klein auf werden Kinder angehalten, nur ja kein Wasser zu verschütten. Wasser wird nach Möglichkeit immer mehrfach verwendet. Es ist eine absolute Mangelware, Gemüsebau wird bis jetzt in diesen Dörfern nicht praktiziert. Wenn in Ourourbe selbst nun ein Garten angelegt werden soll, kann nicht viel Wasser für Pflanzen zur Verfügung gestellt werden. Daher ist ein sehr geringer Wasserverbrauch für den Anbau von immenser Wichtigkeit.

Transhumanz

Nach Angaben von Ousman Ba können die saisonbedingten Wanderungen 6-7 Monate dauern; dies ist abhängig von der Niederschlagssituation. Oft dauern die Wanderungen mit großen Herden auch nur 2 oder 3 Monate. Nach guten Regenjahren können sie länger im Dieri verweilen, finden ausreichend Nahrung für ihre Tiere. In der Trockenzeit gehen sie hinauf zum Senegalfluss, um die Erntereste auf den Feldern sowie das Wasser des Senegals zu nutzen.

Im Winter 2001/2002 war eine Gruppe, unter ihnen die dritte Frau von Amadou Gueye Ba (Bodiel Ba), zwischen Jänner und März in der Region von Rosso. Eine andere Gruppe (Abdou Alpha Ba mit seiner engeren Familie) zog Ende Februar ins Flusstal, um seine Herde auf den abgeernteten Reisfeldern zu weiden; eine Herde von 80 Kühen (vor der Katastrophe war es 150 gewesen) blieb zurück.

Wassersituation während der Wanderungen

Kommen die Viehzüchter bei ihren Weidegängen bei Tiefbrunnen vorbei, so muss für das Wasser bezahlt werden. Laut Angaben von Ousman Ba sind für ein Rind 30 CFA zu bezahlen (4-5 Tage könne man bleiben, dann müsse man weiterziehen).¹²⁴

Der Wasserverbrauch pro Kuh wird zwischen 15 und 30 Litern angegeben; Schafe trinken bis zu 5 Liter und Ziegen drei Liter täglich.

Durch das mühevollen Wasserentnehmen an Brunnen (bei den meisten ist keine Pumpe vorhanden), scheinen Fulbe lieber an Seen/Teichen/Tümpeln oder im Fluss ihre Tiere zu tränken. Brunnenwasser muss in der Trockenzeit verwendet werden, während stehende Gewässer in der Regenzeit aufgesucht werden können.

Tiefgreifende Ereignisse im Jänner 2002

Eine Kältewelle in der zweiten Jännerwoche hatte verheerende Folgen: Durch einen Temperatursturz und plötzlicher starker Regenfällen – innerhalb von nur zwei Tagen fielen 40 mm Regen bei einer gesamten Regenmenge von 200 mm pro Jahr (!) – gepaart mit Stürmen, gerieten die Tiere auf den Weideflächen in

¹²⁴ Bei einer Herde von 166 Tieren macht dies eine Summe von CFA 5000,- und ist ziemlich viel!

Panik; in Folge von starker Erschöpfung verendeten viele Tiere. Der gesamte Tierbestand dieser Region ging um 30-40% zurück. Die Regenfälle zerstörten auch das Futter, bzw. verrottete dies, was die Tragödie zusätzlich verstärkte. Die Milchleistung der Tiere sank auf Null. Milch wird aber für die tägliche Nahrungsmittelbeschaffung benötigt:

Die Verluste im Jänner waren größer als die Verluste in den Dürrejahre von 1973 und 1984/85. Im gesamten Dorf von Ourourbe sind 5319 Rinder, 4974 Schafe, 21 Ziegen, 2 Pferde und 3 Esel verendet.

Fulbefrauen gehen regelmäßig auf den Markt, um dann mit dem aus dem Milchverkauf erworbenen Geld, die Zutaten für die täglichen Mahlzeiten zu kaufen. Haben sie keine oder nur wenig Milch zu verkaufen, können sie dementsprechend wenig oder gar nichts einkaufen. Ihre Situation war in den Wochen unmittelbar nach den Regenfällen extrem, die Familien litten an Hunger, drei Monate später hatten diese Gruppen zwar wieder, aber nur geringe Milchmengen von dem ihnen verbliebenem Vieh.

Verminderung des Tierbestandes

Genau Zahlen zu erhalten ist nicht einmal von offiziellen Stellen einfach. Musa Sankharé, der *chef de service d'élevage*, welcher die Viehzüchter für das Departement von Dagana auf Regierungsebene vertritt, kann Zahlenangaben in seinen handschriftlichen Unterlagen finden: Die Zahlen vor der Katastrophe beruhen auf Schätzungen aufgrund durchgeführter Impfkationen und deren Beteiligungen. Die Zahlen nach der Katastrophe beruhen auf den Angaben einzelner Dorfchefs, welche die Zahlen in ihren Dörfern gesammelt hatten. Die Zählungen innerhalb der Regionen vor und nach dem Massensterben konzentrierten sich nicht auf dieselben Einzugsgebiete. Die Gesamtzahlen sind daher nur für die Arrondissements (in der Tabelle fett gedruckt) zu vergleichen

Zahlenbeispiele zu dem Rinderbestand in der Region:

Ort	Arrondissement	vor der Katastrophe (geschätzt aufgrund von Impfkationen)	verloren durch Katastrophe (angegeben von den einzelnen Dorfchefs)	Angaben von
Galodinja	Gaya	2 677		
Sovonabé Wendu Fendu	Gaya	2 297		
Pathé Badio	Mbane	3 757	1 600	
Thiago	Mbane	3 530		
Ourourbe	Mbane		5 319	
Bisinaabe Diaboobe			600	
Ourourbe Pathé Badio	Mbane		107	
Ndonbo			22	
<i>Mbane (gesamt)</i>		<i>45 000</i>	<i>22 672</i>	2213 usl. Hirten
<i>Gaya (gesamt)</i>		<i>15 000</i>	<i>5 548</i>	1384 usl. Hirten

Tab. 41

Die Katastrophe traf die Hirtenfamilien sehr unterschiedlich. Manche verloren aber 100% ihres Tierbestandes. Im Durchschnitt hat sich der Viehbestand im Norden Senegals um ein Drittel verringert. Unmittelbar nach der Krisenwoche brach Verzweiflung aus. Hilfslieferungen liefen zuerst träge, danach aber doch

in größerem Maße an. Auch Entschädigungszahlungen bzw. Nahrungsmittellieferungen wurden von der Regierung versprochen. Aber die fehlende Infrastruktur und die administrative Überforderung machte die gerechte Verteilung der Hilfsgüter zu einem Problem.

Eine weitere neue Einnahmequelle neben der Viehzucht wurden zu dieser Zeit von so manchen Hirten als Vorteil genannt.

Die Bedeutung des Forschungsprojektes für Ourourbe

Idealer Zeitpunkt aufgrund der Katastrophe vom Jänner 2002. Die Situation der Fulbe ist im Wandel. Die Abhängigkeit von einer einzigen Aktivität, zeigte im Falle der Situation im Jänner 2002 fatale Folgen. Viele stellten – bedingt durch Einflüsse und Erfahrungen anderer Gebiete – ihre eigene Stellung in Frage. Diese Situation begünstigte ein Umdenken und die Bereitschaft, etwas anderes zu tun.

Die Projektdurchführung in Ourourbe

Die Gesellschaft in Ourourbe ist relativ „unbeeinflusst“. Abgelegen im trockenen Sahel blieb sie unbeeinflusst von Projekten, Tourismus und Modernisierung jeglicher Art.

Wenn heute mit ihnen Kontakt aufgenommen wird und sie in die Projektarbeit integriert werden, so übernimmt das Forscherteam eine große Verantwortung. In anderen Gebieten sind viele Fehler und Entwicklungen zu beobachten, welche weder von der einheimischen Bevölkerung noch von den projektdurchführenden Akteuren beabsichtigt waren oder sind. Ein Helfen, Eingreifen in guter Absicht, hat aber oft Zerstörung und Unordnung in gesellschaftliche Systeme gebracht. Daher ist für Ourourbe, wo – abgesehen von einem Brunnenbau – noch keine Projekte stattfanden, ein besonders vorsichtiges Vorgehen notwendig.

Projektpartnerinnen – Frauen

In Ourourbe sind aufgrund der traditionellen gesellschaftlichen Arbeitsaufteilung die Frauen die Projektmitarbeiterinnen. Männer, deren Aufgabe die Betreuung der Herden ist, sind tagsüber unterwegs. Entweder treiben sie am Morgen die Tiere zur Futtersuche vom Weiler weg, um am Abend wieder zurückzukehren, oder sie wandern saisonbedingt (regenzeitabhängig) zu entfernter liegenden Weiden. Frauen ziehen nur zum Teil bei längerer Transhumanz mit ihren Männern mit. Dies wird von Mal zu Mal im Familienkreis entschieden. Frauen sind diejenigen, welche das ganze Jahr über (zumindest zu einem großen Teil) im Dorf erreichbar sind und daher auch diejenigen, welche sich für das Errichten des Gartens engagieren. Frauen sind zwar im Projekt die Ansprechpartnerinnen, aufgrund der Gesellschaftsstruktur werden die Männer aber an den Entscheidungsprozessen beteiligt sein.

Das Einkommen der Frauen wird jetzt vom Milchverkauf bestimmt. Wenn sie auch selbst über das Geld verfügen, so sind sie doch indirekt von der Leistung (Qualität der Rinderhaltung) ihrer Männer abhängig.

Frauen werden – die Gespräche im Dorf ergaben, dass nur Frauen die Projektpartnerinnen sein werden – dann auch die Früchte aus dem Garten ernten. Ihre Ausgaben für die Nahrungsmittelbeschaffung werden dadurch entweder geringer (Eigenversorgung), oder sie haben – im Falle einer Vermarktung – zusätzliches Einkommen.

In jedem Fall aber sind sie durch dieses Einkommen von ihren Männern unabhängiger. Beobachtungen zu eventuellen Veränderungen im sozialen Gefüge können erst während der Anbauphase und nach der Erntezeit gemacht werden. Es ist allerdings nicht damit zu rechnen, dass der Milchverkauf zugunsten der Gemüseproduktion/-vermarktung hintangestellt wird. Eine stärkere Unabhängigkeit von den Männern wird keine negativen Folgen im Dorf verursachen.

Der Clan steht an erster Stelle: persönliche/soziale Verpflichtungen haben absolute Priorität. Ein Krankheitsfall, ein Todesfall oder ein familiäres Fest kann schnell zu einer Reise in ein entferntes Dorf (einzelne Familienmitglieder sind weit im Sahel verstreut) verpflichten. Diese bedeutet dann zumindest eine mehrtägige Abwesenheit. Da weder die Werte der Gesellschaft verändert, in die starken familiären Bindungen eingegriffen oder soziale Verpflichtungen gar negiert werden dürfen, müssen diese Gegebenheiten und Unregelmäßigkeiten akzeptiert werden. Ist eine ganze Gruppe eingeschult (und auch verpflichtet), so ist ein Anpassen an die Unregelmäßigkeiten des dortigen Lebens (die Viehzucht steht an erster Stelle und bestimmt ihr Leben) sowie ein Anpassen an die starken familiären Bindungen notwendig, damit bei einem Ausfall (Transhumanz, Verwandtenbesuch, religiöser Verpflichtung, etc.) das Projekt nicht Schaden erfährt.

Dörfer sind keine fixen Konstrukte, je nach ökologischer Situation verändert sich ihre Größe rasch.

Lokale Marktgegebenheiten

Lokale Marktgegebenheiten sind nicht wesentlich für dieses Dorf. Sollte bei gewissen Früchten (Minze, Hibiskus – sofern diese gepflanzt werden) nach dem Eigenbedarf Überschüsse vorhanden sein, so könnten diese in den einzelnen Weilern verkauft bzw. eingetauscht werden und das tägliche Gehalt der Frauen etwas aufbessern. Aber dies geschieht dann unabhängig von der lokalen Marktsituation. Eine Marktanalyse von Richard Toll ist daher nicht notwendig. Wahrscheinlich werden Überschüsse sogar direkt in andere Weiler verkauft oder von diesen abgeholt. Die Strecken wären zum einen kürzer, zum anderen wären Verwandtenbesuche, welche in dieser Gesellschaft einen hohen Stellenwert haben, damit verbunden.

Situation in Ourourbe 2004

Im Februar 2004 sind weniger Hütten bewohnt als es zwei Jahre zuvor waren. Eine größere Gruppe des Dorfes ist mit dem Großteil der Rinderherde – wie in der Trockenheit und zu dieser Jahreszeit durchaus üblich – auf der alljährlichen Wanderung auf der Suche nach ausreichend Nahrung für ihre Tiere. Eine kleine Herde ist für den allernotwendigsten Eigenbedarf an Milch im Dorf zurückgeblieben.

Die zum Weiler gehörenden Personen haben sich um drei erhöht: Im Laufe der letzten beiden Jahre gab es zwei Todesfälle. Eine 15jährige ist aus dem Dorf weg zu ihrem Neuvermählten in dessen Dorf gezogen. In die Dorfgemeinschaft dazugekommen sind 5 neugeborene Kinder sowie eine 13jährige, welche vor ein paar Monaten hierher verheiratet wurde.

Die Ernährungssituation hat sich mit dem Vergleichszeitraum von vor zwei Jahren verändert. Gab es damals in den Essensschüsseln kaum Gemüse, sind die Frauen heute stolz darauf, viel Gemüse, unterschiedlicher Arten anbieten zu können. Das Mittagessen ist abwechslungsreicher und vitaminhaltiger.

Die Situation hinsichtlich der Milch sieht 2004 nicht besser aus als vor zwei Jahren, als große Teile des Viehbestandes verendeten. Im letzten Jahr sind zusätzlich viele Tiere verendet (verhungert, durch Mangelerscheinungen geschwächt). Somit konnte sich die Situation vom Jahr davor nicht entspannen, sondern scheint sich sogar noch verschlechtert zu haben. Die wenige Milch, die sie von der im Dorf verbliebenen Herde erhalten, ist kaum ausreichend für die Kleinkinder. Wieder müssen die Viehzüchter von Milchpulver leben. Entsprechend wenig können sie daher ihre Morgen- oder ihre Abendmahlzeiten genießen (ihre typische Mahlzeit: *lacciri e kosam* "CousCous" mit frisch gemolkener Milch); es muss mit Milchpulver zubereitet werden.

Der fehlende Erlös aus dem Milchverkauf, schränkt ihr Leben stark ein. Hier bietet der Gemüseverkauf eine kleine Abhilfe.

Der Gemüseanbau stellt eine Aufwertung ihres Lebens dar, er bietet eine interessante und attraktive Alternative. Die Ernährungssituation hat sich verbessert und ist abwechslungsreicher geworden.

Die Identifikation des Dorfes

Die Bewohner und Bewohnerinnen von Ourourbe identifizieren sich vollkommen mit dem Garten. Vehement bezeichnen sie diesen als *ihren Garten*. Seit für den Garten ein Wächter gebraucht wird, verbringt der Dorfchef höchstpersönlich jede Nacht in der Hütte am Eingang dieses Gartens. Der 66-jährige Mann hat drei Frauen, welche im Dorf leben, diese müssen aber nun jede Nacht alleine verbringen. Der Garten stellt für das Dorf einen entsprechenden Wert dar, sodass kein anderer als der Dorfchef selbst diesen bewacht. Amadou Gueye Ba sieht dies – als Chef des Dorfes – als seine Aufgabe.

Die Bevölkerung ist stolz auf ihren Garten. Besucher werden genaueste Einzelheiten erklärt, sie wissen – egal ob sie offiziell dort arbeiten oder nicht –

alle Einzelheiten über die Pflanzen, die Bäume und deren Verwendung und Verwertbarkeit.

Ein neuer Identitätsausweis von Amadou Gueye Ba bezeugt ebenfalls die vollkommene Identifizierung mit dem Garten: Dieser Ausweis trägt das Ausstellungsdatum des Jahres 2002, und Amadou Gueye Ba weist auf seine darin festgehaltene Berufsbezeichnung hin: "culture et elevage" (Ackerbau und Viehzucht). Mit Stolz zeigt er diesen Ausweis her.¹²⁵

Wünsche, entstanden durch das Projekt – Erweiterung des Gemüseanbaues

Amadou Gueye Ba äußerte den Wunsch nach einem größeren Feld. Die Bewohner von Ourourbe seien zahlreich. (Zu Ourourbe werden insgesamt 40 Weiler gezählt, ein Zehntel dieser Bevölkerung wohnt im Weiler von Amadou Gueye Ba, 118 Personen). Auf das Wasserproblem angesprochen, ist sich der Dorfcchef dessen bewusst, und meint es würde genügen, den Zaun zu erweitern. Material sei angeblich noch vorhanden. Und wenn diese Fläche nur in der Regenzeit bebaut werde, wachse ohnehin vieles von selbst.

Seine Gedanken wirken realistisch und auch ökonomisch. Er schlägt das Areal, in dem die Forstbäume stehen, für einen zusätzlichen Anbau vor.

Viehzüchter mussten und müssen sich immer den Gegebenheiten ihrer Umgebung anpassen. Ihr Überleben war von einer realistischen Einschätzung ihrer Umwelt abhängig; auch ihre Vorschläge in Bezug auf den Garten wirken realistisch.

Auf das mögliche Problem einer zu großen Zuwanderung wurde zu Beginn des Projektes hingewiesen. Tatsächlich sind viele Frauen der Ourourbe¹²⁶ durch die Gartenmöglichkeit angelockt worden und zeigen viel Interesse. Viele kommen aus benachbarten Dörfern zum Gießen und nehmen kilometerlange Wege in Kauf. Innerhalb der Dorfstruktur gibt es aber keine Unzufriedenheit.

Dennoch träumt die Bevölkerung von einem „Dorf“, genauer nachgefragt: von einem „richtigen Dorf“. Darin steckt die Vorstellung, dass alle Weiler von Ourourbe zusammenziehen können, und für alle genug auf einem Flecken zum Leben vorhanden ist. Mit dem Ausdruck *richtiges Dorf* oder "*Dorf bauen*" sind gemauerte Häuser gemeint, sowie ein Dorf mit einem Markt, zu dem Bewohner der Umgebung aus allen Richtungen kommen, um ihr Gemüse zu kaufen und eine Schule, wo die Kinder aus dem Clan der Ourourbe zur Schule gehen können.

Soziales Gefüge

Das soziale Gefüge dieser Gruppe ist von einem starken Zusammenhalt geprägt.

¹²⁵ Als Analphabet sagt er: "Lies vor, irgendwo steht mein Beruf!"

¹²⁶ Ourourbe steht nicht nur für das Dorf, sondern Ourourbe bezeichnet auch eine eigene *lineage* innerhalb der Fulbe.

Verteilungssystem

Das Verteilungssystem erfolgt nach ganz bestimmten Regeln, und es wird auf das Genaueste geschaut, dass niemand zu kurz kommt. Egal ob Geschenke in das Dorf mitgebracht werden oder Nahrungsmittel aufgeteilt werden. Alle sitzen dann zusammen und beraten, wer was bekommt, für die nicht Anwesenden wird etwas zur Seite gelegt. Es wird lange immer wieder umverteilt, bis das Gefühl da ist, jetzt haben alle gleich viel erhalten.

Selbst wenn zum Beispiel jemand etwas erhält, von dem nur dieser profitiert, z.B. die Kosten für einen Arztbesuch, so kommen danach auch andere um sich dafür zu bedanken. Dass Einem etwas gegeben wird, wird oft so gesehen, wie wenn es Allen gegeben worden wäre. Eine genaue Aufteilung in Dein und Mein ist nicht stark ausgeprägt.

Wenn es zur Ernte kommt, so wird das Gemüse im Dorf an jeden genau verteilt. Auch die anderen Weiler bekommen ihren Anteil. Amadou Gueye Ba hat sogar bis nach Dagana zu Binetou (der Frau von M. Fall) Tomaten geschickt. Diese Aussage stammt von Binetou selbst!! Das Haus Binetou sei am Projekt beteiligt, also haben auch diese ein Anrecht auf ihren Anteil, sei – laut Binetou – die Erklärung von Amadou Gueye Ba gewesen.

Amadou Gueye Ba hätte dies wahrscheinlich nie selbst erwähnt, weil es für ihn einfach Selbstverständlichkeit ist, an alle zu denken. Er hat eine große Gruppe zu verwalten und wird immer zu allen korrekt und gerecht sein.

Auch Badj, der Angestellte aus dem Dorf, hat auf die Frage, was er mit seinem verdienten Geld mache, nicht sofort erwähnt, dass er dieses aufteilt, sondern nur das genannt, was er mit seinem Anteil macht (Kleinigkeiten einkaufen, für seine Frau ausgeben, sparen). Da die Arbeiter aus Dagana nicht immer kommen, bleibt verhältnismäßig viel Arbeit für diesen Angestellten. Also hilft ein anderer junger Mann aus dem Dorf freiwillig regelmäßig mit sowie auch oft die Frauen. Wenn Badj dann sein Gehalt bekommt, teilt er es – und für ihn selbstverständlich – mit den anderen.

Die CARAMW (Convention des Association Rurales de Mbane et du Waalo)

Die CARAMW ist eine Vereinigung für die Entwicklung im ökonomischen, sozialen und kulturellen Bereich mit Sitz in Dagana und für das Departement Dagana zuständig.

Die CARAMW ist aus einem Zusammenschluss verschiedener Gruppierungen und Selbsthilfegruppen entstanden, welche sich zu Beginn der 90er Jahre als Folge der Unruhen Ende der 80er Jahre und dem blutigen Grenzkonflikt 1989 gebildet hatten. Die ersten Anliegen der CARAMW waren, sich vor allem für die vielen mauretanischen Flüchtlinge und den repatriierten Senegalesen dieser Zeit einzusetzen. Doch bald kamen kleine landwirtschaftliche Projekte und Ausbildungsprogramme hinzu. Das definierte Ziel der CARAMW wurde es, das vor Ort vorhandene Wissen und Erfahrungen zu koordinieren und durch eine

effiziente Anwendung die wirtschaftliche, soziale und kulturelle Entwicklung dieser Region voranzutreiben. „La CARAMW est née par et pour les populations rurales“ – aus der ländlichen Bevölkerung entstanden, will sie sich für diese Bevölkerungsschicht einsetzen. Sie sieht ihr Aufgabengebiet allein in der Entwicklung des ländlichen Raumes.

Am Anfang stark von der Caritas St. Louis unterstützt, war ab Mitte der 90er Jahre die Caritas Innsbruck der Hauptgeldgeber. Heute arbeitet die CARAMW mit mehreren Organisationen und Ländern zusammen und ist eine anerkannte Organisation in dieser Region.

Ihre vielen Mitglieder diskutieren Vorhaben, Entschlüsse, Lösungen immer gemeinsam und je nach Aufgabenstellung können sie auf verschiedene Experten in ihrer Gruppe zurückgreifen. Diese reine Männergruppe hat ihr Büro im Wohnhaus von Mamadou Fall, dem Präsidenten dieser Organisation.

Kooperation Partnerorganisation und Dorf

Die CARAMW ist eine anerkannte Organisation in diesem Gebiet, sie entstammt einer bäuerlichen Gesellschaft. Die Viehzüchter leben im Senegal sehr isoliert und in ihrer eigenen Vorstellungswelt. Von den anderen in ihren Bedürfnissen oft unbeachtet, muss nun die Partnerorganisation (die CARAMW) Vermittlerin sein. Damit die Interessen der Viehzüchter, vor allem der bei dem Projekt mitarbeitenden Frauen, wirklich immer gewahrt bleiben, ist viel Controlling notwendig. Wie weit kann sich diese Partnerorganisation in die Gruppe der Frauen von Ourourbe einfühlen und wie weit geht sie oktroyierend vor. Die Art der Interaktionen zwischen dem Forscherteam und der CARAMW, und im Besonderen zwischen CARAMW und den Bewohnern des Dorfes, werden entscheidend für das Gelingen des Projektes sein.

M. Fall und die CARAMW – Situation 2004

Mamadou Fall, der Präsident der CARAMW, wurde im letzten Jahr in der Region von Saint Louis zu einem *Regionalrat im Kampf gegen die Armut* bestellt (*conseil régional pour la lutte contre la pauvreté*). Im Rahmen der Dezentralisierung innerhalb der senegalesischen Politik wurden in den letzten Jahren pro Region mehrere Regionalräte (eine Art Gemeinderäte) für unterschiedlichste Bereiche ernannt.

Weiters ist M. Fall Vizepräsident im „*Comité Permanente de Coordination de l'atelier pour l'ancrage et la coordination des projets de lutte contre la pauvreté*“ (Ständiges Komitee zur Koordinierung der Arbeitsgruppen im Zusammenhang mit Projekten zur Armutsbekämpfung) geworden, allerdings kann nicht beurteilt werden, welchen Einfluss oder Wirkungsbereich dieses Komitee tatsächlich hat.

Das Büro der CARAMW – vor einigen Jahren mit Mitteln der Caritas konzipiert – sollte längst fertig gestellt sein. Zwar sind die Gebäude seit langem bezogen, aber es gibt keine Infrastruktur. Der seit über 3 Jahren vorhandene Computer konnte noch immer nicht angeschlossen werden. Eine Sekretärin ist seit einigen Monaten angestellt, dennoch wird das meiste von M. Fall selbst per Hand

geschrieben. Insgesamt wirkt die Gruppe der CARAMW viel kleiner als vor zwei Jahren. Bezüglich Effizienz kann kein besseres Urteil als vor zwei Jahren abgegeben werden.

Verwendete Literatur

- ADAMS Adrian: Quel Avenir pour la Vallée? IIED, Dakar 2000.
- FASCHINGSEDER Gerald: Kultur und Entwicklung. Zur Relevanz soziokultureller Faktoren in hundert Jahren Entwicklungshilfe. Brandes&Apsel, Frankfurt 2001.
- HAMMER Thomas: Nachhaltige ländliche Entwicklung in Westafrika: Neue Forschungsperspektiven. SOTTAS: Überleben im afrikanischen Alltag. S.379-392, 1995.
- HAMMER Thomas: Aufbruch im Sahel. Fallstudien zur nachhaltigen ländlichen Entwicklung. LIT Verlag, 1997.
- HAMMER Thomas: Nachhaltige Entwicklung im Lebensraum SAHEL. LIT Verlag, Münster 1999.
- HODGKINSON Edith: Economy. in: Yearbook: Africa South of the Sahara 2002. Europe publications, London 2001.
- KERKHOF Paul: Agroforestry in Africa. A survey of Project Experience. Panos Institute, London 1990.
- LAM Aboubacry Moussa: Crise agraire et après-barrages au Fuuta (Sénégal). 1992.
- MÜLLER Julius Otto: Der houroum von Peul-Nomaden im Sahel des Senegal nach der Bodenrechtsreform. Anmerkungen zu offenen Fragen der Nutzungsrechte auf Nah- und Fernweiden. Mensch und Boden als zentrale Größen im Entwicklungsprozeß. S.101-137, 1994.
- MÜNKNER Hans-H.: Mensch und Boden als zentrale Größen im Entwicklungsprozeß. Fachgespräch zu Ehren von Prof.Dr. Johannes Kuhn. S&W, Marburg 1994.
- N.N.: Internationales Afrikaforum. Weltforum-Verlag Köln, 1/2002.
- SOTTAS Beat: Überleben im afrikanischen Alltag. L'Afrique part tous les matins. Improvisationstechniken in ländlichen und städtischen Kontext. Stratégies pour dépasser le bricolage quotidien. Peter Lang, Frankfurt 1995.
- TOURÉ Oussouby: La gestion des ressources naturelles en milieu pastoral. L'exemple du Ferlo sénégalais. TERSIGUEL PH. Et.al Développement durable au Sahel. S.89-102, 1997.
- VENEMA L.B.: The Wolof of Saloum: social structure and rural development in Senegal. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen 1978.
- WEICKER Martin: Die Beziehungen zwischen Nomaden und Bauern im senegalesischen Sahel. Eine konflikttheoretische Analyse. Druckhaus Bayreuth Verlagsgesellschaft, Bayreuth 1982.

V. Aspekte der interkulturellen und transdisziplinären Forschungsarbeit

In diesem Kapitel wird nun versucht den Projektverlauf, die Konfliktsituationen und die daraus entstandenen Entwicklungen in einer kurzen Übersicht darzustellen. Eine genaue Aufarbeitung dieser und anderer Themen findet zur Zeit im Rahmen einer diskursiven Evaluation gemeinsam mit externen Experten statt.

Prägend für die Forschungsarbeit war naturgemäß nicht nur der interdisziplinäre Ansatz, sondern in vielen Bereichen die interkulturelle und transdisziplinäre Zusammenarbeit.

Die Durchführung des Projektes gemeinsam mit potentiellen Anwendern, brachte es mit sich, dass es einerseits einen regen Süd-Nord und Nord-Süd Wissenstransfer gab und sich andererseits beide Gruppen auf eine interkulturelle Kommunikation und Zusammenarbeit einlassen mussten.

Bereits zu Beginn der Freilandversuche, also mit Beginn der intensiven Zusammenarbeit zeigten sich die Kernbereiche, die die Projektarbeit maßgeblich bestimmen würden. Dies war naturgemäß die Organisationsentwicklung in der Anfangsphase, die dann abgelöst wurde von Konfliktvermeidung bzw. Konfliktlösungsstrategien, mit dem Ziel eine transdisziplinäre Forschungssituation zu erreichen.

So galt es bei Wissenschaftlern, Technikern und Kooperationspartnern, integrierten Bauern und Viehzüchtern, die alle unterschiedliche Ansätze und Lösungsstrategien einbrachten, eine gemeinsame Ausrichtung zu finden.

Zu Beginn agierten zwei in sich geschlossene Organisationseinheiten, bestehend aus der CARAMW, den Gruppen aus Mbkhana und Ourourbe, wobei die CARAMW für sich in Anspruch nahm als „Sprachrohr“ und Vermittlerin für beide Dörfer zu fungieren, und dem Projektteam in Wien.

Da beide Teams räumlich weit auseinander lagen, war ein wichtiger Punkt der Ausbau der Teamarbeit innerhalb der Gesamtorganisation. Als besonders wichtige Aspekte wurden die wechselseitige Akzeptanz der Teammitglieder und die interne Diskussionskultur bzw. Konfliktkultur erachtet. Ebenso die Unterstützung der mitarbeitenden Gruppen vor Ort durch die Projektleitung und die Optimierung des Informationsflusses, um eine angemessene Projektleitung machen zu können, denn die Dorfruppen waren nicht nur partiell in einzelne Diskussionsprozesse eingebunden, sondern in die Kernbereiche der Forschung.

Einer der wichtigsten Diskussionspunkte, die z.T. auch innerhalb des Kernteams zu kontroversiellen Diskussionen führte, war die Art der Einbindung der Dorfbevölkerung in das Projekt und damit verbunden die Entscheidung bzgl. einer „Einmischung“ in Entscheidungsfindungen des Projektpartners CARAMW.

Ein wichtiger Punkt, weil es sich um eine weitreichende Entscheidung handelte, war das „Entlohnungssystem“. Die CARAMW war der Ansicht, dass die Mitarbeiter nicht mit Geld entlohnt werden sollten, d.h. die geernteten Früchte die Entlohnung darstellen sollten. Dieser Empfehlung folgten wir nicht, weil es sich bei dem vorliegenden Projekt nicht um ein EZA Projekt handelte.

Somit hatten auch die Frauen aus Ourourbe (in Mbakhana war dies eine Selbstverständlichkeit und kein Diskussionspunkt) die Möglichkeit zusätzlich Geld zu verdienen, wenn sie beispielsweise Windschutzmatten für die Feldversuche flochten (es wurde jedoch nicht bezahlt, wenn sie etwas für ihren eigenen Gartenbereich herstellten).

Entscheidungsprozesse:

Immer wieder stellte sich die Frage in welchen Situationen eine Einmischung gerechtfertigt ist. Wir entschlossen uns keiner allgemeinen Regel zu folgen, sondern dies von Fall zu Fall zu entscheiden. Wenn es beispielsweise um Hierarchien ging, war es wenig sinnvoll sie übergehen zu wollen, um demokratische Entscheidungsprozesse herbeizuführen; eine Einmischung wäre kontraproduktiv gewesen. Wir intervenierten¹²⁷ immer dann, wenn es um Inhalte bzw. um Lenkungsprozesse ging, die sobald wir uns aus einem Entscheidungsprozess zurückgezogen hätten, nicht mehr möglich gewesen wären. Beispiel dafür ist die Einbindung der Frauen.

Wichtige Punkte waren auch die Diskussionen über Kontrollen und in diesem Zusammenhang auch in welchem Ausmaß diese zumutbar seien. Für uns war wesentlich, möglichst viele „Informationen“ in Bezug auf die Feldversuche zu erhalten und damit gute Voraussetzungen für die Auswertung der Daten zu schaffen oder auch Schwierigkeiten in einer frühen Phase erkennen zu können.

Kontrolle fand aber auch in umgekehrter Weise statt. Herr Fall kontrollierte den Informationsfluß zwischen den beiden Dörfern und uns. Damit machte er es zu Beginn schwierig den Projektverlauf so zu gestalten, dass eine Zusammenarbeit mit den Dörfern entsteht.

M. Fall sträubte sich auch gegen „Kontrollmechanismen“ und berief sich auf die Autonomie seiner Organisation. Wir gingen zu diesem Zeitpunkt davon aus, dass ein ständiges Abwägen zwischen genauen Vorgaben und autonomen Entscheidungen dieses Konfliktpotential entschärfen würde, wobei aber Grenzen gegeben waren, wenn es um Forschungsinhalte oder die transdisziplinäre Forschungssituation ging.

Um die Kontrolle für die CARAMW akzeptabel zu gestalten, wurde diese einerseits über schriftliche Berichte durchgeführt, die in den heißen Projektphasen in relativ kurzen Abständen erstellt werden sollten und zwar sowohl vom Koordinator M. Fall als auch vom „Verantwortlichen“ der Feldversuche und andererseits über drei Personen, die in vereinbarten Abständen (später auch unangemeldet) die Versuchsfläche besuchten. Diese Personengruppe bestand aus einem Mitarbeiter der Universität Dakar, S. Sakho, R. Jaudas und J.-P. Uwiduhaye. Auf diese Weise entstanden „Mehrfachberichte“.

¹²⁷ Intervention bedeutet, dass Punkte in Diskussionsrunden thematisiert wurden

Die Kontrolle orientierte sich an zwei Grundprinzipien: sie musste für das Projekt die größtmöglichen Erfolgschancen sichern und sie musste für die „Kontrollierten“ akzeptabel sein.

Konflikte – Lösungsstrategien

Bereits zu Beginn entstanden Konfliktsituationen mit der CARAMW, wobei uns die Anlässe eher unbedeutend schienen. Vielfach war uns auch nicht klar, warum ein Konflikt entsteht oder wodurch dieser ausgelöst wird. Auch die Konfliktpunkte waren unklar, weil sie nicht ausgesprochen wurden. Sie drückten sich fast immer in Dialog-Verweigerung aus.

Im Laufe der Zeit wurde für uns deutlich, auch weil intensive Gespräche und Verhandlungen geführt wurden, welche Situationen zu einem Konflikt führen.

In diesem Zusammenhang sind primär die Entscheidungsprozesse und die direkte Zusammenarbeit mit den Dörfern, die M. Fall als Bedrohung empfand, zu nennen.

In fast allen Fällen bedeutete eine „schnelle Entscheidung“ zu treffen, dass M. Fall nicht eingebunden war, meist weil er nicht erreichbar war (aufgrund nicht überall funktionierender Mobilfunknetze etc.) und dass die Entscheidungen mit Personen, die M. Fall als „untergeordnete Hierarchieebenen“ betrachtete, getroffen wurden. Dies hatte aber zur Folge, dass Herr Fall brüskiert war, wobei für ihn eine Brüskierung seiner Person mit einem Prestigeverlust verbunden ist.

Bei allen autonomen Entscheidungen unsererseits, wurde immer darauf geachtet, dass diese für die Projektpartner tragbar sind. Die oben beschriebene Vorgehensweise hätte nicht funktioniert, wenn es sich um Entscheidungen gehandelt hätte, die der Projektpartner in keinem Fall mittragen hätte können, weil sie vollkommen seinen Gepflogenheiten oder auch Möglichkeiten widersprechen. Um den Projektpartner nicht in eine für ihn inakzeptable Situation zu bringen, mussten wir uns immer wieder die Frage stellen, worauf beruht seine Machtposition bzw. wie ist sie beschaffen.

Diese Strategie führte in vielen Konfliktsituationen zu einer Entspannung. Bei Ausbleiben dieser Vorgehensweise trat eine Lähmung der Zusammenarbeit ein und damit eine Gefährdung der Feldversuche.

Ursprüngliche Intention war es „innere Strukturen“ möglichst zu akzeptieren. Wir versuchten daher zu Beginn, soweit dies möglich war, uns nicht in die Zusammenarbeit zwischen der CARAMW und den Dörfern einzumischen, auch wenn die Mitarbeiter um eine Intervention baten.

Im Fall von gravierenden Konflikten sollte ein Schlichtungskomitee zusammentreten, bestehend aus dem Präfekten des Département Dagana, Mamadou Dia, Prof. Dr. Hugo Hubacek, Mamadou Fall und DI Hans Geisslhofer.

Krisenmanagement

Ende Februar 2004 entstand jedoch innerhalb der Partnerorganisation CARAMW eine Krise, die zu eskalieren drohte, als die Gruppe bzw. ihr Sprecher Herr Doudou Fall uns über einen Konflikt informierte und wir versuchten die Ursache dafür herauszufinden. Herr D. Fall forderte von uns eine umgehende Intervention. Als Konfliktgrund nannte er eine verspätete

Lohnzahlung bzw. ein nicht erbrachtes Tabaskigeschenk¹²⁸. Da dieser Konflikt in einer sehr sensiblen Projektphase entstand, sahen wir uns gezwungen M. Fall um eine Stellungnahme zu bitten. Dieser betrachtete unser Vorgehen als Vertrauensbruch und als schwere Beleidigung. Eine deutliche Verschlechterung des Gesprächsklimas war die Folge.

Die Intervention führte aber dazu, dass umgehend die versprochene Summe ausgezahlt wurde und die Projektmitarbeiter vor Ort zufriedengestellt waren, was für uns bedeutete, dass sie die Versuche überaus gewissenhaft betreuten. In der Folge begann Herr Doudou Fall (Verantwortlicher für das Projekt in Mbakhana) uns umfassend über die Zusammenarbeit mit der CARAMW zu informieren bzw. uns direkt anzusprechen, wenn es Probleme (Schädlingsbefall, Einbruch von Ziegen etc.) gab.

Für uns stellten sich aufgrund dieser Krise drei zentrale Fragen: Wie verhält man sich als Projektpartner bzw. Auftraggeber (meist gleichbedeutend mit Geldgeber) in ähnlichen Situationen? In welcher Form ist eine Intervention möglich? Welche Folgen hat es, wenn wir uns neutral verhalten?

In EZA-Projekten wird in vergleichbaren Situationen grundsätzlich nicht interveniert,¹²⁹ weil man auf dem Standpunkt steht, dass dies eine Einmischung in interne Angelegenheiten darstellt. Es ist aber zu bedenken, dass gerade diese oder ähnliche Situationen ein Projekt akut gefährden können. Empfehlenswert wäre aus unserer Sicht, dass ein Mediator beigezogen wird, wobei diese Person bereits zu Beginn der Vertragsunterzeichnung feststehen sollte und beide Parteien diese Person akzeptieren müssen.

Transdisziplinäre Forschungssituation

Ansatz dieses Projektes war es, die Dörfer¹³⁰ in die Forschungsarbeiten einzubinden, wobei unsere Partnerorganisation CARAMW beiden eine Mitsprache (ohne Kompetenzen) nur in sehr begrenztem Ausmaß zugestehen wollte. Eine aktive Mitwirkung wurde zu Beginn kaum ermöglicht.

Auch das direkte Gespräch mit den Dörfern wurde ausdrücklich von Herrn Fall verboten.

Bereits 2003 durchbrachen jedoch beide Dörfer dieses Verbot und es entstand eine direkte Kommunikationsebene.

Zu Beginn, vor allem in Mbakhana, waren, wie bereits oben beschrieben, meist nicht geleistete Zahlungen der Anlass. In Ourourbe war jedoch der Konflikt zwischen der CARAMW bzw. Herrn Fall und Herrn Amadou Gueye Ba bzw. den Frauen, vielschichtiger und tiefgehend. Bereits im Juli 2003 wurden an Herrn DI Uwiduhaye¹³¹ massive Beschwerden von Amadou Gueye Ba und seinen beiden Frauen Raky Deh und Bodiel Ba herangetragen. Die gesamte Gruppe

¹²⁸ Tabaskifest = Islamisches Opferfest

¹²⁹ Mdl. Auskunft DI H. Geisslhofer, Februar 2003

¹³⁰ „Partizipation im Projektzyklus – seit Jahrzehnten ein Modebegriff – gilt aus der Sicht nachhaltiger Entwicklung als zentrale Kategorie somit als überholt. Vielmehr steht die Frage im Vordergrund, wie die Bevölkerung eigenständige Entwicklungsstrategien ergreifen, konzipieren, ausführen, begleiten und evaluieren kann.“ Hammer, Th., 1999: 351.

¹³¹ Herr DI Uwiduhaye war zu diesem Zeitpunkt Mitarbeiter der VABS. Er verbrachte viele Monate in den Dörfern.

hatte das Projekt verlassen bzw. war dazu veranlasst worden, ohne dass uns dies vom Verantwortlichen, Herrn Fall, mitgeteilt worden wäre. Das bedeutete für uns, dass auch die zu diesem Zeitpunkt noch minimale Einbindung des Dorfes nicht mehr gegeben war.

Durch ein Gespräch mit den Dorfbewohnern ohne Beisein von Herrn Fall erfuhren wir, dass dieser sie mehrmals öffentlich gedemütigt, ihnen zustehende Gelder nicht ausbezahlt und ihnen den Zugang zu ihrem Gartenbereich verwehrt hatte. Diese Anschuldigungen wurden von einem engen Mitarbeiter von Herrn Fall bestätigt.

Diese Vorkommnisse machten es notwendig zu intervenieren, um Ourourbe vor den Übergriffen, die im Rahmen des Projektes stattfanden, zu bewahren. Eine Möglichkeit war, dem Dorf mehr Autonomie zu verschaffen, d. h. mit den Frauen neue Gemüsebeete anzulegen bzw. ihnen die notwendigen Mittel, wie Pflanzmaterial, Dünger, Pflanzenschutz etc. zur Verfügung zu stellen und sie eigenständig arbeiten zu lassen. In der Folge wurde mehrmals der Versuch unternommen mit M. Fall darüber zu sprechen, um eine auch für ihn akzeptable Lösung zu erzielen. Dazu war er nicht bereit.

Die Reaktion von M. Fall auf diese Einmischung in „interne Angelegenheiten“ war, dass er drohte den laufenden Vertrag zu kündigen. Hinzugefügt werden muss, dass er sich keiner „Schuld“ bewusst war, weil dies sein „normales“ Verhalten gegenüber Nutznießern eines Projektes war und ist.

Erst nach Intervention eines hochrangigen Regierungsbeamten Herrn El Man Ba und des Präfekten Herrn Dia war M. Fall zu einem Gespräch mit uns bereit. Er verlangte, dass während der restlichen Projektlaufzeit keine Gespräche ohne sein Beisein stattfinden dürfen. Damit sollte der Projektverlauf zu einer internen Angelegenheit erklärt werden.

In der Folge musste eine intensive Kommunikation, auch weil dies von den Dörfern gewünscht wurde, an M. Fall vorbei aufgebaut werden. Wären wir den Forderungen gefolgt, wäre der Informationsfluss zur und von der Zielgruppe, ebenso zu den Mitarbeitern, die für die Betreuung der Feldversuche und die Datenermittlung zuständig waren, abgerissen.

Wichtigste Ansprechpersonen und Vermittler für beide Dörfer waren ab diesem Zeitpunkt J.-P Uwiduhaye und R. Jaudas. Letzterer besuchte zweimal pro Monat Ourourbe und Mbakhana. Amadou Gueye Ba und Doudou Fall informierten uns auf diesem Wege über alle Vorkommnisse, nicht nur über jene die das Projekt betrafen.

Obwohl sich der Konflikt verstärkte und M. Fall weiterhin Amadou Gueye Ba und auch die Frauen demütigte, distanzierte sich das Dorf nicht vom Projekt. Ganz im Gegenteil, sie intensivierten ihre Mitarbeit, indem sie begannen auch die Forschungsbeete zu betreuen, wenn sie von M. Fall und seinen Mitarbeitern vernachlässigt wurden. Ourourbe begann damit die Gartenarbeit in die täglichen Arbeitsabläufe zu integrieren.

Diese Konflikte, die damit verbundene intensive Auseinandersetzung mit den Projektpartnern, den daraus entwickelten Lösungsstrategien und das Bestreben der Dörfer autonom zu agieren, ermöglichten den eingangs beschriebenen Wissenstransfer und damit eine transdisziplinäre Forschungsebene. In der

Folge intensiviert sich die Zusammenarbeit (u.a. weil die meisten Akteure aus den Dörfern inzwischen Mobiltelefone besitzen).

Mbakhana agierte erstens durch die größere, räumliche Entfernung zu M. Fall, selbstbewusster und autonomer und zweitens gab es keine Sprachbarrieren, wie zwischen Ourourbe und M. Fall, auch wenn dieser sie ignorierte.

Der Loslösungsprozess des Dorfes von der CARAMW, der im Rahmen des Projektes und durch die Integration in das Projekt stattgefunden hat, führte dazu, dass viele Entscheidungen autonom im Dorf getroffen werden konnten, wie etwa die Entscheidung der Arbeitsorganisation, Verteilung des Ertrags,¹³² eigenes Einkommen für die Frauen, Verwaltung dieses Geldes durch die Frauen.

Diese Entwicklung brachte es auch mit sich, dass „neue“ Konfliktsituationen entstanden, beispielsweise zwischen Frauen und Männern, aber auch innerhalb der Frauengruppe und diese auch wieder gelöst werden mussten. Ein Konfliktpunkt war, dass die Männer nicht akzeptierten wollten, dass die Frauen größere Summen als 5000.- CFA (7,6 Euro) selbst verwalten und Raky als älteste Frau ihrem Mann Amadou Gueye Ba zustimmte und ihm das Geld übergab.

Andere Frauen wandten sich daraufhin an uns und baten um Intervention, die wir ablehnten. Im Rahmen einer Dorfversammlung, an der wir nicht teilnahmen, wurde unser Vorschlag ein gemeinschaftliches Frauenkonto zu eröffnen, angenommen. Nach anfänglichen Konflikten wird dieses nun auch benützt.

Die Einrichtung dieses Kontos im Juni 2005 war auch der Anlass für die endgültige Kündigung der Zusammenarbeit mit der CARAMW durch M. Fall.

Seitdem ist das Dorf autonom, d.h. die CARAMW hat kein Mitspracherecht mehr bei der Nutzung des Versuchsgartens. Das bedeutet aber auch, dass das Dorf den Gemüseanbau eigenständig organisieren muss.

Inzwischen wird der Erlös aus dem Gemüseverkauf auf das Konto eingezahlt und jede Frau, die sich beteiligt, zahlt zusätzlich 500.- CFA (76 Cent) pro Monat ein.

Ob diese jüngste Entwicklung zu einer Änderung in der Verteilung des Ertrags (s. dazu auch Kapitel VI „Diskussion“) führt und damit möglicherweise zu einer Änderung bzgl. der sozialen Verpflichtungen, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden.

¹³² s. dazu auch Pkt. VI „Diskussion“



Abb. 59: Bodjiel Ba (Bildmitte) mit ProjektmitarbeiterInnen. (J. Reichmayr)



Abb. 60: Maimouna, Fatou und Koumba (v.l.n.r.) (Zwiauer)



Abb. 61: Houlematou mit ihren Cousins (J. Reichmayr)



Abb. 62: Diouldé, jüngste „Projektmitarbeiterin“ (J. Reichmayr)



Abb. 63: Amadou Gueye Ba mit Johannes Reichmayr (Ch. Korischek)



Abb. 64: Raky Deh mit Enkelin (J. Reichmayr)



Abb. 65: Aliou und Ousman Ba (v.l.n.r) (J. Reichmayr)

VI. Diskussion

In diesem Kapitel wird eine Gesamtbeurteilung der Feldversuche vorgenommen. Kriterien dafür sind die Ertragsleistung, der Versuchsverlauf bzw. die Versuchsbedingungen und der Wasserverbrauch.

Des Weiteren werden Anwendungsmöglichkeiten für das silikatische Pflanzensubstrat (SPS) aufgezeigt.

Die Feldversuche werden hinsichtlich der Versuchsbedingungen in zwei Kategorien eingeteilt: a) Feldversuche, die von hoher Stressbelastung gekennzeichnet waren und b) Feldversuche, die unter vergleichsweise „optimalen“ Bedingungen stattgefunden haben.

Kategorie a) „Anbau unter Stressbedingungen“ entspricht den realen Verhältnissen, während die Kategorie b) als mehr oder weniger künstliche Anbausituation gesehen werden muss.

Eine Differenzierung hinsichtlich der Versuchsbedingungen wird deshalb vorgenommen, weil die realen Anbauverhältnisse bei Kleinproduzenten in dieser Region so gut wie immer von hoher Stressbelastung gekennzeichnet sind und die „künstlichen“ Anbausituationen, einerseits durch die Einhaltung von Anbauempfehlungen, andererseits durch den Einsatz von Blattdünger oder durch die Verwendung eines Langzeitdüngers entstanden. Künstliche Anbausituationen wurden u. a. deshalb hergestellt, weil sie uns die Möglichkeit gaben, festzustellen, welches Ertragsniveau mit verbesserten Anbautechniken sowohl in den Referenz- als auch in den SPS-Gruppen in der gegebenen Situation zu erreichen ist.

a) SPS in Anbausituationen mit hoher Stressbelastung

Die primären Stressfaktoren waren Wasser- und Salzstress. Die Versuchsreihen I und II waren dadurch gekennzeichnet, dass die Nährstoffverhältnisse sehr ungünstig waren und die Pflanzen vor allem in Versuchsreihe II über längere Zeiträume während der heißen Trockenzeit nicht bewässert wurden und somit einem massiven Dürrestress ausgesetzt waren.¹³³ In dieser Situation konnte mit der Zugabe von SPS eine erhebliche Ertragssteigerung erzielt werden, und zwar auch in Bewässerungsstufe 2 und zum Teil auch in jenen darunter. Dies zeigte sich sowohl bei den Tomaten, als auch bei Chili. Letzterer lieferte in Versuchsreihe I und II vergleichbare Ergebnisse.

Insgesamt weisen die Beete mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe die höchsten Erträge auf. Die Erträge bei einer Wasserreduktion von 25% (Bewässerungsstufe 2) und einer SPS-Zugabe liegen ebenfalls über jenem des Referenzbeetes mit Standardbewässerung. Bei einer Wasserreduktion von 60%

¹³³ Die CSS lieferte zu diesem Zeitpunkt nur unregelmäßig Wasser nach Ourourbe, weil ein Konflikt zwischen M. Fall und den Fahrern bestand.

liegt der Ertrag im SPS-Beet etwas unter jenem des Referenzbeetes mit Standardbewässerung (Bewässerungsstufe 1).

Die Pflanzen in den Versuchsreihen V und VIIa waren ebenfalls hohen Stressbelastungen ausgesetzt, da Salzstress unter den gegebenen klimatischen Bedingungen (Ourourbe) eine besondere Belastung für Pflanzen darstellt.

Umso bemerkenswerter ist das Resultat aus Feldversuch V, bei dem sich gezeigt hat, dass jene Pflanzen, die SPS erhielten, auch bei einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht nur mehr Ertrag lieferten als die Referenzbeete, die kein SPS erhielten, sondern gleich viel Ertrag wie die Referenzbeete ohne SPS, bei gleichzeitiger Bewässerung mit Flusswasser.

Es konnten also durch die Zugabe von SPS salztolerante bzw. mäßig salztolerante Nutzpflanzen (Tomaten und Jaxatu) ohne Ertragseinbußen mit salzbelastetem Wasser bewässert werden, auch wenn die täglichen Wassermengen reduziert wurden (Bewässerungsstufen 2 und 3).

Betrachtet man die Faktoren¹³⁴, die in Summe einen Salzstress auf die Pflanze bewirkten, so waren deutlich mehr Faktoren stresserhöhend, als stressmindernd.

Als stresserhöhende Faktoren sind zu nennen: die Salzkonzentration (EC: 2,5 dS/ m), bzw. der SAR Wert von 26, Klima bzw. Jahreszeit, denn die Versuche fanden zum Teil während der heißen Trockenzeit statt, die eine intensive Windbelastung und hohe Tagestemperaturen mit sich bringt. Zusätzlich waren die Pflanzen einem großen Dürrestress.¹³⁵ Untersuchungen belegen, dass hohe Evaporationsraten Salzstress erhöhen.¹³⁶

Die Bewässerungsdauer und der damit zusammenhängenden erhöhten Salzkonzentrationen im Boden bzw. zeitliche Dauer hoher Salzkonzentrationen im Wurzelbereich sind ebenfalls als stressfördernde Faktoren zu nennen. In einer in Israel durchgeführten Studie zeigte sich, dass bei einer Bewässerung von 160 Tagen Ertragseinbußen auftreten, wird die Bewässerung jedoch auf 75 Tage beschränkt, mit einer anschließenden Auswaschung der Salze, so treten keine Ertragsverluste auf.¹³⁷

Die Länge der Bewässerungsdauer in Versuchsreihe V betrug etwa 180 Tage, wobei keine Auswaschung akkumulierter Salze stattfand, weil es nicht möglich war, die dafür notwendigen Mengen Flusswasser anzuliefern.

Auch die Reduktion der täglichen Gießwassermengen, wie sie in den Versuchen praktiziert wurde, wird in der Regel als erschwerender Faktor bezeichnet.

¹³⁴ s. dazu auch Cucci, G., Cantore, V., Boari, F., Caro, de A., 2000

¹³⁵ In Ourourbe wurde nur unregelmäßig Wasser geliefert, sodass manchmal tagelang nicht bewässert werden konnte.

¹³⁶ Schneider, U., 1990

¹³⁷ Plaut, Z., Grava, A., 2000

Trotz dieser stressfördernden Faktoren lieferten Pflanzen, die SPS erhielten und mit salzbelastetem Wasser gegossen wurden, einen gleich hohen Ertrag wie jene ohne SPS und einer Bewässerung mit Flusswasser.

Jene Pflanzen hingegen, die SPS nicht erhielten und mit salzbelastetem Wasser bewässert wurden, zeigen einen signifikant schlechteren Ertrag, als jene aus der Vergleichsgruppe oben (ohne SPS, Bewässerung mit Flusswasser).

Als „begünstigende“ Faktoren können der Sandboden (gute Durchlüftung des Bodens), die Pflanzenarten – Tomaten und Jaxatu zählen zu den salztoleranten bis mäßig salztoleranten Arten – und die Bewässerung mit Flusswasser während der Keimung und im frühen Jugendstadium genannt werden. Eine Einschränkung für Letzteres stellt jedoch die Pflanzenanzucht unter vergleichsweise günstigen Bedingungen dar, die die Toleranz gegenüber Dürrestress vermindert.

Auch in Versuchsreihe VIIa weisen die Beete mit SPS-Zugabe und Bewässerung mit salzbelastetem Wasser ein deutlich höheres Ertragsniveau als die Referenzbeete (ohne SPS) auf. Der Höchstertrag in der SPS-Gruppe bei Bewässerung mit salzbelastetem Wasser ist gleich hoch wie jener im Referenzbeet ohne SPS bei Bewässerung mit Flusswasser.

Die Ergebnisse aus Versuchsreihe V und VIIa dürften u. a. darauf zurückzuführen sein, dass die Zugabe von SPS (neben einer Erhöhung der Kationenaustauschkapazität) zu einer höheren Verfügbarkeit von Kalium führte, gegenüber den Beeten ohne SPS. Natrium gilt als Antagonist von Kalium, wobei bei erhöhter Verfügbarkeit von Kalium, dieses von den Pflanzen bevorzugt aufgenommen wird. Untersuchungen an Kulturpflanzen in Südagypten zeigten, dass „bei günstigem Angebot an Kalium ... dieses zwischen 30 und 100mal stärker als Natrium aufgenommen wird; mit abnehmender Kaliumversorgung bzw. zunehmender Na-verfügbarkeit im Boden betrug die aufgenommene Kaliummenge nur noch 2 bis 10mal soviel gegenüber Natrium“¹³⁸.

Anzumerken ist, dass in diesen Anbausituationen die Gesamterträge erwartungsgemäß geringer ausfielen als in den Versuchen, die unter „Optimalbedingungen“ stattfanden. Dies gilt sowohl für die Kontrollgruppe, als auch für die mit SPS behandelten Beete. Insgesamt wurden aber durch die SPS-Zugabe Ertragsverluste durchwegs kompensiert.

b) SPS in „optimalen“ Anbausituationen

Um diese mehr oder weniger optimale Anbausituation herstellen zu können, wurde versucht ertragsmindernde Faktoren wie nicht angepasste Gießtechnik und Pflanzenanzucht zu vermeiden. Dies gilt auch für den Bereich Düngung.

Viele Kleinstproduzenten verwenden kaum organischen Dünger. Mineralische Dünger werden, sofern es die finanzielle Situation erlaubt, meist nur ein- bis zweimal pro Stehzeit zugeführt, wobei dieser oft nicht in den Boden

¹³⁸ Schneider, U., 1990

eingearbeitet wird. Auch auf eine regelmäßige Verteilung innerhalb eines Beetes wird mitunter verzichtet.¹³⁹

Insgesamt wurden anbautechnische Empfehlungen hinsichtlich, der Produktionsfaktoren Pflanzenanzucht, Pflanzenschutz, Düngung, wobei sowohl auf Düngetechnik, als auch verwendete Düngemengen geachtet wurde sowie auf verbesserte Bewässerungs- und Bodenbearbeitungstechniken beachtet.

Will man Ertragszuwächse erzielen, ist ein angemessenes Düngungsmanagement unverzichtbar. Wie die Feldversuche gezeigt haben, ist eine organische Düngung in der in den Versuchen praktizierten Form unzureichend.

Schon die teilweise Umsetzung der oben genannten Empfehlungen ließen das allgemeine Ertragsniveau ansteigen, wobei dieses nicht nur in den mit SPS behandelten Beeten stieg, sondern erwartungsgemäß auch in den Kontrollbeeten.

Potentielle Wassereinsparungen durch SPS:

In Versuchsreihen wie I, II und V konnten wesentliche Wassereinsparungen (Bewässerungsstufen 2 und 3) durch die Zugabe von SPS erzielt werden.

Allgemeine Aussagen zum Wassereinsparungspotential durch SPS sind jedoch nur bedingt möglich, weil der Wasserverbrauch der Pflanzen nicht nur artspezifisch ist, sondern von einer Vielzahl anderer Faktoren abhängt.

So konnte beispielsweise die transpirierende Fläche nicht als Parameter herangezogen werden, d.h. um eindeutige Aussagen machen zu können, müsste beispielsweise auch die Phytomasse einbezogen werden. Es ist davon auszugehen, dass Pflanzen unter „Luxusbedingungen“, wie in den Versuchsreihen VI und VIIb mehr Blattmasse ausbilden und eine geringere Adaptierung an Trockenstandorte aufweisen und damit auch der Wasserverbrauch potentiell ein höherer ist.

Grundsätzlich sollten die Pflanzen von Beginn an, an Stresssituationen gewöhnt werden. Vielfach werden die Kulturpflanzen in eigenen „Pepinièren“ gezogen, was aber meist zur Folge hat, dass die Pflanzen unter vergleichsweise günstigen Bedingungen wachsen. Wir schließen dies u. a. daraus, da in dem zur Zeit laufenden Feldversuch in Ourourbe, bei dem die Versuchspflanzen erstmalig direkt auf der Versuchsfläche gezogen wurden, die Standardgießmenge um 50% reduziert werden konnte.

Besonders für Orte wie Ourourbe gilt, dass die Jungpflanzen unter den gegebenen Extrembedingungen mit relativ wenig Bewässerung gezogen

¹³⁹ Unangepasste Anbautechniken sind aber nicht nur im Untersuchungsgebiet verbreitet, sondern konnten auch bei anderen Kooperativen beobachtet werden. Auch sie verwenden meist keinen Windschutz, obwohl Bewässerungswasser auch eine knappe Ressource ist. Auch bedarfsgerechte bzw. angepasste Düngung werden nicht praktiziert, trotz jahrelanger Betreuung durch europäische Partnerorganisationen, weil Bodenuntersuchungen als Grundlage für die Berechnung der Aufwandsmengen nur in seltenen Fällen von den europäischen Partnerorganisationen angeregt bzw. finanziert werden.

werden müssten, um eine frühe Adaptierung an die Bedingungen zu gewährleisten.

Der Nachteil einer „Pepinière“ ist im Übrigen auch, dass dadurch oft Pflanzenkrankheiten (beispielsweise Nematodenbefall) übertragen werden.

Der Vorteil einer frühen Adaptierung gilt auch für Aufforstungen indigener Gehölze. Es hat sich gezeigt, dass jene Bäume, die spontan auf der Versuchsfläche in Ourourbe keimten und sich etablierten, durchwegs höhere Wachstumsraten aufweisen, als jene die in einer „pepinière“ gezogen und dann ausgepflanzt wurden. Daraus lässt sich ableiten, dass gerade in diesem Anwendungsbereich weder ein Keimen in Baumschulen, noch eine Anwendung von SPS zielführend sind, weil dadurch die frühe Adaptierung der Pflanzen an Extremstandorte verhindert wird.

Prinzipielle Schlussfolgerung:

Die Anwendung von SPS scheint dann besonders zielführend zu sein, wenn unter extremen Bedingungen angebaut wird, wie sie beispielsweise in Ourourbe durch die Kombination der Faktoren Klima, Dürre- oder Salzstress gegeben waren.

Aber auch dann, wenn andere Produktionsfaktoren nicht „optimal“ sind, kann die SPS-Zugabe einen positiven Effekt haben. Gezeigt hat sich dies in Versuchsreihe VIIb, bei der zwar weder Dürre- noch Salzstress gegeben waren, jedoch die Tomatensetzlinge bereits zum Zeitpunkt des Auspflanzens Blüten entwickelt hatten, was erfahrungsgemäß zu Ertragseinbußen führt.

Eine der wichtigsten¹⁴⁰ Anwendungen ist die Anwendung in Extremsituationen, insbesondere in Kombination mit einer Bewässerung mit salzbelastetem Wasser.

Diese Art der Bewässerung wird zwar im Moment in der Region nicht praktiziert, der Bedarf dafür ist jedoch vielfach vorhanden.

Der wesentlichste Faktor bei einer Gemüseproduktion, wie auch in vielen anderen Gebieten, ist die Wasserknappheit, die oft noch durch die mehr als schlechte Qualität des Wassers verschärft wird. In Ourourbe und Yelour liegt der Salzgehalt bei etwa 11 g/Liter. Flusswasser (Süßwasser) wird nur sporadisch von der CSS¹⁴¹ (sie ist dazu vertraglich verpflichtet) angeliefert und bedeutet zudem eine Abhängigkeit der Dörfer von den Fahrern, die für diesen „Dienst“ eine „Motivationszahlung“ fordern. Eine mögliche Lösung für die Dörfer in einer ähnlichen Situation ist die Verwendung von (in diesem Fall) verdünntem Salzwasser zur Bewässerung von Gemüse. Eine Bewässerung nur mit aufbereitetem Flusswasser bedeutet meist, dass die Trinkwasserversorgung nicht gewährleistet ist.

Die Bodenuntersuchungen in Feldversuch V haben gezeigt, dass unter den gegebenen Bedingungen obgleich die Auswaschung akkumulierter Salze nicht stattfand, die Salzkonzentrationen im Boden kontinuierlich zurückgingen. Die Analysen der Sedimentproben zeigen, dass nach etwa einem Jahr und im Jahr

¹⁴⁰ im Sinne von Bedarf

¹⁴¹ Compagnie Sucrière Sénégalaise

darauf die Salzkonzentrationen im (ursprünglichen) Wurzelraum sukzessive gesunken waren. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die nach oben gewanderten Salze im Zuge der Winderosion abgetragen werden.

Eine langfristige Verwendung von salzbelastetem Wasser, auch in Kombination mit SPS, sollte unter den gegebenen Bedingungen vermieden werden, weil nicht die Möglichkeit besteht akkumulierte Salze wieder auszuwaschen. Dieses Problem könnte jedoch beispielsweise dadurch gelöst werden, dass z.B. Brachen eingeführt werden und die jeweilige Folgefrucht dann mit Flusswasser bewässert wird, um erst dann diese Flächen, wir gehen von einem Zeitraum von etwa 2-3 Jahren aus, wieder mit salzbelastetem Wasser zu bewirtschaften.

Ökonomische Rahmenbedingungen für eine Anwendung des SPS im untersuchten sozialen Kontext:

Betrachtet man die Anwendung des SPS im agrarökonomischen Kontext, so ist festzustellen, dass sich aus den identifizierten Anwendungsmöglichkeiten für Länder wie Senegal überwiegend Zielgruppen, wie jene aus Ourourbe, Yelour oder Mbakhana ergeben, d. h. Kleinstproduzenten mit niedriger Kaufkraft.

Nach Angaben von Herrn Dr. N. Ba, dem Leiter des FAO-Programms „microjardins“, ist davon auszugehen, dass die Kosten pro kg SP (silikatisches Pulver) nicht wesentlich über den Düngekosten¹⁴² liegen dürfen, soll eine Anwendung für Kleinstbauern möglich sein bzw. eine Abhängigkeit von Programmen und Projekten vermieden werden.¹⁴³

Hochwertiges Saatgut und Pflanzenschutzmittel sind beispielsweise für die meisten bereits unerschwinglich.¹⁴⁴ Verwendet wird Gratissaatgut der SOCAS. Niebesamen, Mais, oder Bissapsamen gibt es auf den lokalen Märkten günstig zu kaufen.

¹⁴² 1 kg NPK kostet ca. 104.- CFA (16 Cent). Blattdünger beispielsweise, also die Versorgung mit Mikronährstoffen, ist zu teuer und zudem aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Blattdünger ist in den landwirtschaftlichen Läden kleinerer Orte so gut wie nie erhältlich.

¹⁴³ Mdl. Auskunft Dr. N. Ba, Richard Toll, Februar 2006

¹⁴⁴ 3500.- CFA (5,3 Euro) für Jaxatu, 8000.- CFA (12 Euro) für Gombo, 22000.- CFA (33 Euro) für Zwiebel und für Tomaten etwa 100.000.- CFA (153 Euro) (je 500 g). Pflanzenschutz (je 1 Liter): Decis: 18000.- CFA (27 Euro), Dicofol: 8000.- CFA (12 Euro), Furadan (1 kg): 2500.- CFA (4 Euro), Rugby (1 kg): 9500.- CFA (14,5 Euro).

Gemüseanbau in Ourourbe:¹⁴⁵

Der Gemüseanbau in Ourourbe ist nicht nur durch die ökologischen Bedingungen gekennzeichnet, sondern auch durch die Besonderheit der Situation in der sich die Familie bzw. der Clan befindet.

Die Fulbe im Norden Senegals, wie viele andere Halbnomaden in der Sahelzone auch befinden sich in einer sozialen und ökonomischen Transformationsphase, da die Rinderzucht, die ihre ökonomische und auch soziale Grundlage darstellt, aufgrund der Reduktion der Biomasse bzw. der Phytodiversität zusehends schwieriger wird. Ein möglicher, von ihnen gewünschter Einkommensersatz stellt der Anbau von Gemüse in kleineren Familiengärten dar.

Die Gemüseproduktion stellt für Viehzüchter in sozialer Hinsicht einen gravierenden Eingriff in ihre Produktionsweise dar. Es ist daher wesentlich, unter welchen Bedingungen soziale Akzeptanz zu erreichen ist bzw. wie Gemüsebau und nomadische Viehhaltung vereinbar sind.

Der Garten in Ourourbe, die Frauen erhielten etwa einen halben Hektar Anbaufläche, wurde von Frauen und Männern gemeinsam angelegt. Betreut haben die Kulturen dann jeweils jene Frauen und Kinder, die sich gerade im Dorf oder den umliegenden Dörfern aufhielten. Die Sesshaftigkeit oder zumindest das Verweilen im Dorf während der gesamten Anbauperiode war damit keine notwendige Voraussetzung mehr für den Gemüseanbau.

Nach Angaben der Frauen und von Amadou Gueye Ba teilten sie die Ernte in drei (ungleiche) Teile: ein Teil war für den Eigenbedarf, der zweite wurde in die mit Ourourbe in verwandtschaftlichen Beziehungen stehenden Dörfer geschickt, der dritte Teil, also der als erzielter Überschuss zu bezeichnende Teil, wurde in Richard Toll verkauft. Von diesem Erlös kauften die Frauen alles für den täglichen Bedarf Notwendige und wiederum Geschenke für Verwandte. Der Rest des Geldes wurde in eine gemeinsame Kasse gegeben.

Dies mag auf den ersten Blick „unproduktiv“ erscheinen, denn nur ein sehr kleiner Teil des Ertrags wurde tatsächlich auf dem Markt verkauft, wodurch die Einnahmen minimal blieben.

Wir gehen jedoch davon aus, dass diese soziale Komponente eine hohe Relevanz besitzt, für die Einführung dieses neuen Produktionszweiges, weil sie zur Akzeptanz gegenüber dem „Neuen“ beiträgt.

¹⁴⁵ Eine genaue Aufarbeitung dieser und anderer Themen findet zur Zeit im Rahmen einer diskursiven Evaluation gemeinsam mit externen Experten statt.



Abb. 65: Verteilen der Ernte (Zwiauer)

Üblicherweise bauen und erhalten Fulbe ihre sozialen Beziehungen durch Rinder, sei es in Form einer Gabe, Austausch oder durch Verkauf.¹⁴⁶

Das Gemüse hat also möglicherweise die Funktion einer Gabe¹⁴⁷. „...Geben [bedeutet] die Verknüpfung von drei Verpflichtungen....: der Verpflichtung zu geben, der Verpflichtung zu empfangen oder anzunehmen, und der zu erwidern, sobald man angenommen hat“.¹⁴⁸

Oft scheitern Angebote zur Entwicklung bzw. Einführung eines zusätzlichen Produktionssektors oder neuer Produktionsformen daran, dass sie entweder nicht mit den bestehenden sozialen Verpflichtungen vereinbar sind oder weil die sozialen Verpflichtungen unbekannt sind bzw. nicht als wesentlicher Faktor erkannt werden und in inadäquater Weise eingegriffen wird, indem beispielsweise auf eine Integration des „Neuen“ in das bestehende System verzichtet wird.

In Ourourbe fand diese Integration statt, trotz gegenteiliger Tendenzen einzelner Frauen, die sich höhere Einnahmen wünschten. Ob dieses „Verteilungssystem für Ernteprodukte“ es wurde von Amadou Gueye Ba „eingeführt“, so beibehalten wird oder ob es sich dabei um eine Übergangsregelung handelt, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden.

¹⁴⁶ Schareika, N., 1994: 65.

¹⁴⁷ Gabe im Sinne von Marcel Mauss

¹⁴⁸ Godelier, M., 1999: 16

VII. Literatur

- ADAMS, A., 2000: Quel Avenir pour la Vallée? IIED, Dakar.
- AHN, P., M., 1993: Tropical soils and fertilizer use. Intermediate Tropical Agriculture Series. Essex.
- ALI, M., M.; DICKINSON, G.; MURPHY, K. J., 2000: Predictors of plant diversity in a hyperarid desert wadi ecosystem. –In: Journal of Arid Environments 45: 215 – 230.
- AMBERGER, A., 1996: Pflanzenernährung.- Stuttgart, Ulmer Verlag.
- ARGAW, M.; TEKETAY, D., OLSSON, M., 1999: Soil seed flora, germination and regeneration pattern of woody species in an Acacia woodland of the Rift Valley in Ethiopia. –In: Journal of Arid Environments 43: 411 – 435.
- ARNON, I., 1989: Agricultural Research & Technology Transfer. Elsevier Applied Science.
- ATHIE, A., 2002: Die politischen Implikationen der Wasserverfügbarkeit in Afrika südlich der Sahara dargestellt am Beispiel der Sahelländer Westafrikas. WVB Berlin.
- BAUDOIN, W., O., ET AL., 1988 : Vegetable production under arid and semi-arid conditions in tropical Africa. FAO 89.
- BEDNARZIK, M., 1983: Pflanzenschädigende Termiten in der Arabischen Republik Jemen – Verbreitung, Schadwirkung und Bekämpfungsmöglichkeiten. Diss. Bonn.
- BERGMANN, M.: 2003: Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung: Ein Leitfaden für die formative Evaluation von Forschungsprojekten. ISOE Studentexte, Nr. 13. Frankfurt am Main.
- BICHLER, G., 2000: Bejo, Curay and Bin-Bim? Eine soziolinguistische Studie über den Zusammenhang zwischen Spracherwerb und Kulturkenntnis am Beispiel der Wolof in Dakar, Senegal. Diss. Wien.
- BRAUN, P., 1990: Physiological and morphological changes associated with water deficit in Citrus. Diss.
- BREMAN, H., KESSLER, J.-J., 1995: Woody plants in Agro-Ecosystems of Semi-Arid Regions – with an Emphasis on Sahelian Countries. - Advanced Series in Agricultural Sciences 23.
- BRUNOLD, CH., RÜEGSEGGER, A., BRÄNDLE, R., (Hrsg.) 1996: Stress bei Pflanzen. – Bern, Verlag Haupt.
- Cucci, G., Cantore, V., Boari, F., Caro, de A., 2000: Water salinity and influence of SAR on yield and quality parameters in Tomato. – In: Acta Hort. 537. 663-
- Delfine, S.; Alvino, A., 2000: Agronomic and physiological aspects of salinity stress on a field-grown tomato crop. – Acta Hort. 537: 647- 649.
- DUNKERLEY, D., 2000: Hydrological effects of dryland shrubs: defining the spatial extent of modified soil water uptake rates at an Australian desert site. –In: Journal of Arid Environments 45: 159 – 172.
- EHLERS, W., 1996: Wasser in Boden und Pflanze. Stuttgart.
- ELHAAK, M., A.; MIGAHID, M., M.; WEGMANN, K., 1997: Ecophysiological studies on Euphorbia paralias under soil salinity and sea water spray treatments. –In: Journal of Arid Environments 35: 459 – 471.
- ESCÓS, J., ALADOS, C., L. ; Puginaire, F., I. ; Puigdefàregas, J. ; Emlen, J. 2000 : Stress resistance in an arid land shrub: interactions between development instability and fractal dimension. – In: Journal of Arid Environments 45: 325 – 336.
- Forschungsperspektiven. SOTTAS: Überleben im afrikanischen Alltag. S.379-392,

- FRANKE, G., 1994: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen Bd. 2: Spezieller Pflanzenbau. Stuttgart.
- FRANKE, W., 1997: Nutzpflanzenkunde. Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen.
- FRESCO, L., M., 2003: Plant Nutrients: What we know, guess and do not know. IFA/FAO Agriculture Conference "Global Food Security and the Role of Sustainability Fertilization". Rome, Italy, 26-28 March 2003.
- GISI, U. & Mitverf., 1997: Bodenökologie. Stuttgart.
- GODELIER, M., 1999: Das Rätsel der Gabe. Geld, Geschenke, heilige Objekte. C.H. Beck.
- GRAAFF, J. ET AL., 2001: Socio-economic analysis in Sahelian villages. – In: Advances in Geoecology, Bd. 33. S. 23-50.
- GROUZIS, M.; AKPO, L.-E., 1997: Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. –In: Journal of Arid Environments 35: 285 – 296.
- HAMMER, Th., 1995: Nachhaltige ländliche Entwicklung in Westafrika: Neue
- HAMMER, Th., 1997: Aufbruch im Sahel. Fallstudien zur nachhaltigen ländlichen Entwicklung. LIT Verlag. In: Gajdos, M., 2003: Schriftlicher Projektbericht
- HAMMER, TH., 2001: Politische Ökologie der Desertifikation. Ein Beitrag zum Erklärungs- und Lösungskomplex im Sahelraum. Geoöko, Bd. 22, Heft 2/3 (79-90).
- LE, Houérou, H., N., 1989: The Grazing Land Ecosystems of the African Sahel. Ecological Studies 75.
- KEERTHISINGHE, G., ZAPATA, F., CHALK, PH., 2003: Plant Nutrition: Challenges and Tasks Ahead. IFA-FAO Agriculture Conference, Rome 2003.
- KHAN, M. A.; UNGAR, I., A.; SHOWALTER, A., M., 2000: The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. –In: Journal of Arid Environments 45: 73-84.
- KLEIN, I., WEINBAUM, ST., 2000: Fertilization of temperate-zone fruit trees in warm and dry climates. – In: Erez, A. (ed.): Temperate Fruit Crops in Warm Climates. S. 77-100.
- KNITTEL, H.; Albert, E. (Hg.), 2003: Praxishandbuch Dünger und Düngung. Agrimedia.
- KOOYMAN, CHR., ONCK, R., F., M., 1987: The interactions between termite activity, agricultural practices and soil characteristics in Kisii District, Kenya. – In: Agricultural University Wageningen Papers 87-3 (1987).
- KRINGS, T., 2002: Zur Kritik des Sahel-Syndromansatzes aus der Sicht der Polit-Ökologie. - In: Geografische Zeitschrift. Bd., 90, Heft 3/4. S. 129 – 141.
- KRINGS, T.: IN: Die politischen Implikationen der Wasserverfügbarkeit in Afrika südlich der Sahara dargestellt am Beispiel der Sahelländer Westafrikas. WVB Berlin.
- KROGH, L., 1997: Field and village nutrient balances in millet cultivation in northern Burkina Faso: a village case study. – In: Journal of Arid Environments 35: 174 – 159.
- LÖSCH, R., 2000: Wasserhaushalt der Pflanzen. – Wiebelsheim, Quelle & Meyer.
- MATHUR, N.; VYAS, A., 2000: Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production, nutrient uptake and physiological changes in *Ziziphus mauritina* Lam. under water stress. –In: Journal of Arid Environments 45: 191 – 195.
- MAUSS, M., 1968: Die Gabe. Form und Funktion des Austauschs in archaischen Gesellschaften. Suhrkamp Verlag.
- Maydell, H.-J., 1992: Trees and Shrubs of the Sahel, Their Characteristics and Uses. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

- MONOD, Th., 1986: The Sahel Zone north of the Equator. – In: Evenari, M., Noy-Meir, I.; Goodall, D. W. (ed). Ecosystems of the World 12B. Hot deserts and Arid Shrublands, B. Amsterdam Oxford.
- MORSE, ST., BUHLER, W., 1997: Integrated Pest Management. Ideals and realities in Developing Countries.
- MUTORO, B., A., 1997: Gender aspects in small-scale Farming in Kenya. A case study of north Maragoli location in Vihiga District. 107-124. In: (ed) DE BRUJIN, M., VAN HALSEMA, I., VAN DEN HOMBERGH, H.: Gender and Land Use. Diversity in Environmental Practices. Amsterdam.
- NORMAN, M., J., T.; PEARSON C., J.; SEARLE, P. G. E., 1995: The Ecology of Tropical Food Crops. Second edition. Cambridge.
- OBA, G.; POST, E., 1999: Browse production and offtake by free-ranging goats in an arid zone, Kenya. –In: Journal of Arid Environments 43: 183-195.
- PALIWAL, K.; KANNAN, D., 1999: Growth and nutritional characteristics of four woody species under nursery conditions and growth safet transplantation in semi-arid filed conditions at Madurai, India. –In: Journal of Arid Environments 43: 133 – 141.
- PASCHOLD, P.-J., ZENGERLE, K.-H., BASHOUR, J., 2000: Influence of Irrigation on the Yield and the Nitrogen Balance of Broccoli (*Brassica oleracea* L. convar. *Botrytis* (L.) Alef. var. *Italica* Plenck). – In: Ferreira M., I., Jones, H., G. (ed.): *Acta horticultrae* 537. Vol. II. S. 831-838.
- PIERI, CH., J., M., G., 1992: Fertility of Soils. – A Future for Farming in the West African Savannah. Berlin, Heidelberg.
- Plaut, Z., Grava, A., 2000: Improvement of Tomato fruit quality with brakish water, under optimal irrigation management. – In: *Acta Hort.* 537. 611-620.
- Rhoades, J., D. & al (ed.), 1992: The use of saline Waters for crop production. – FAO Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.
- RIDDER, N. & AL., 2001: Crop production in Sehelian villages . *Advances in Geoecology*, Bd. 33. p. 203 – 212.
- RIESMAN, P., 1998: Freedom in Fulani social life. Chicago.
- SABRAH, R., E., A.; GHONEIM, M., F.; ABD EL-MAGID, H., M.; RABIE, R. K., 1993: Characteristics and productivity of a sandy soil as influenced by soil conditioners in Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 24: 297 – 303.
- SCHAREIKA, N., 1994: Die soziale Bedeutung der Rinder bei den Fulbe (Benin). - *Interethnische Beziehungen & Kulturwandel* 17 (Hrsg.: Jensen, J.). LIT Verlag
- SCHMUTTERER, H. (ed.), 1995: The Neem Tree. *Azadirachta indica* A. Juss. and other Meliaceous Plants. New York.
- SCHNEIDER, U., 1990: Pflanzenökologische Untersuchungen an Wild- und Kulturpflanzen in der Extremwüste Ägyptens. *Dissertationes botanicae* 153. Cramer.
- SEGHIERI, J.; GALLE, S., RAJOT, J. L.; EHRMANN, M., 1997: Relationships between soil moisture and growth of herbaceous plants in a natural vegetation mosaic in Niger. – *Journal of Arid Environments* 36: 87-102.
- SNYMAN, H., A., 1999: Short-term effects of soil water, defoliation and rangeland condition on productivity of a semi-arid rangeland in South-Africa. *Journal of Arid Environments* 43: 47 – 62.
- SUMNER, M., E. (ed.), 2000: Handbook of Soil Science. CRC Press.
- TSUNEKAWA, A.; KAR, A.; YANAI, J.; TANAKA, U.; MIYAZAKI, T., 1997: Influence of continous cultivation on the soil properties affecting crop productivity in the Thar Desert, India. *Journal of Arid Environments* 36: 367 – 384.
- Vegetable production under arid and semi-arid conditions in tropical Africa. FAO Plant Production and Protection Publication 89. Rome 1988.

- WAREN, A., BATTERBURY, S., 2001: Sustainability and Sahelian Soils. In: Geographical Journal, Bd. 167, Heft 4. S. 324 – 341.
- WEBSTER, C. C., 1998: Agriculture in the Tropics. Oxford : Blackwell Science.
- WEZEL, A.; RAJOT, J.-L.; HERBRIG, C., 2000: Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. –In: Journal of Arid Environments 44: 383-398.
- WITTIG, R., GUINKO, S., 2002: Studien zur Flora und Vegetation von Burkina Faso und seinen Nachbarländern (Etudes sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants). Band 6. Verlag Natur & Wissenschaft.

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

ADM = Association pour le Développement de Mbakhana
AGES = Österreichische Agentur für Bodengesundheit und Ernährungssicherheit
CARAMW = Convention des Associations Rurales de Mbane et du Waalo
CFA = Communauté Financière Africaine
CIRAD = Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNCAS = Crédit Agricole du Sénégal
CSS = Compagnie Sucrière Sénégalaise
EC = Electrical Conductivity
EMP = Enseignement moyen pratique
EZA = Entwicklungszusammenarbeit
FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations
ISRA = Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
LPB = Luftporenbildner
NPA = Nouvelle Politique Agricole
OAV = Organisation Autonome de la Vallée
OECD Organisation for Economic Cooperation and Development
PAM = Programme Alimentaire Mondiale
PIV = Périmètres Irrigués Villageois
PNUD = Nations Unies pour le Développement
SAED = Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du Fleuve Sénégal
SAR = Sodium Adsorption Ratio
SNTI = Société Nationale des Tomates Industrielles
SOCAS = Société de Conserverie Alimentaire du Sénégal
SP = Silikatisches Pulver
SPS = Silikatisches Pflanzensubstrat
UNESCO = United Nations Educational, Scientific and Cultural
USAID = United States Agency for International Development
VABS-TGM = Staatliche Versuchsanstalt-TGM, Baustoffe und Silikattechnik

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bodenproben aus Ourourbe	19
Tab. 2: Bodenstruktur in Ourourbe.....	19
Tab. 3: Bodenproben aus Mbakhana.....	20
Tab. 4: Bodenstruktur in Mbakhana	20
Tab. 5: Brunnenwasser aus Ourourbe	21
Tab. 6: Flusswasser aus Mbakhana	21

Tab. 7: Mineralische Hauptbestandteile von SP	27
Tab. 8: Korngrößenverteilung von SP für eine Anwendungstechnik ohne mineralische Luftporenbildner	27
Tab. 9: Pflanzenverträglichkeitsprüfung von SP	28
Tab. 10: Zahlentabelle zu Abb. 5	32
Tab. 11: Wasseranalysen.....	38
Tab. 12: Wasseranalysen.....	39
Tab. 13: Niederschlagswerte.....	50
Tab. 14: Mischtablette	72
Tab. 15: Plan für Pflanzenschutz	80
Tab. 16: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe I	84
Tab. 17: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe II	87
Tab. 18: Versuchsanordnung der „Frauenbeete“	87
Tab. 19: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe IV.....	94
Tab. 20: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe V.....	95
Tab. 21	102
Tab. 21a	102
Tab. 22	103
Tab. 23	104
Tab. 24	105
Tab. 21- 25: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus Versuchsreihe V	106
Tab. 26: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe VI.....	108
Tab. 27: Übersicht über den Düngemodus der Versuchsreihe VI.....	109
Fortsetzung Tab. 27	110
Tab. 28: Versuchsanordnung zu Versuchsreihe VII.....	114
Fortsetzung zu Tab. 28	115
Tab. 29: Versuchsanordnung zu Wiederholung der Versuchsreihe VII	118
Fortsetzung der Tab. 29.....	119
Tab. 30: Übersicht über den Düngemodus der Versuchsreihe VII.....	120
Tab. 31	124
Tab. 31-32: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen.....	124
Tab. 33	126
Tab. 34: Versuchsanordnung zu Ergänzende Versuche zu Versuchsreihe VII	127
Fortsetzung der Tab. 34	128
Fortsetzung der Tab. 34	129
Tab.35: Übersicht über den Düngemodus zu den ergänzenden Reihen zu Versuchsreihe VII	130
Fortsetzung der Tab. 35.....	131
Fortsetzung der Tab. 35	132
Tab. 36	135
Tab. 36a	135
Tab. 37	136
Tab. 38	137
Tab. 39	139
Tab. 40	140
Tab. 41	169

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Pufferwirkung von SP in saurer Lösung	24
Abb. 2: Silikatisches Pulver (SP).....	25
Abb. 3: Graphische Darstellung der Tab. 8.....	28
Abb. 4: Zylinder mit Bodensieb zur Bestimmung der Wasserspeicherung	29
Abb. 5: Zylinder mit wassergesättigtem SP auf Sandboden	30
Abb. 6: Pflanzenverfügbare Wasseranteil („abgegebene Wassermenge“) in einem inerten Pflanzensubstrat ohne und mit steigender SP – Menge	31
Abb. 7: Senegalesischer Limonit als mineralischer Luftporenbildner.....	35
Abb. 8: Brunnenwasser in Ourourbe.....	37
Abb. 9: Gießwasser in Ourourbe.....	37
Abb. 10: Sahelzone (Quelle: Le Houérou, 1989)	41
Abb. 11: Région de Saint-Louis (Quelle: M. Gajdos)	43
Abb. 12: Satellitenbild der „Tomatenzelte“ – Produktionsstätten der GDS. (Quelle: google earth)	47
Abb. 13: Niederschlagskarte – Sahel (Quelle: Le Houérou, 1989)	48
Abb. 14: Auberginenbeet in Ourourbe zur Zeit des Harmattan. (R. Jaudas).....	49
Abb. 15: Klimadiagramme aus dem Untersuchungsgebiet (Quelle: Le Houérou, 1989)	50
Abb. 16 und 17: Degradierete Standorte in der Umgebung von Ourourbe. (J. Reichmayr)	53
Abb. 18: Standort mit <i>Acacia</i> spp. im Ferlo (mäßige Beweidung). 25 km südlich von Ourourbe. (Zwiauer)	53
Abb. 19: <i>Boscia</i> sp. auf einem Standort mit vergleichsweise mäßiger Beweidung in Yelour. (J. Reichmayr).....	54
Abb. 20: Vegetation um Mbakhana mit <i>Combretum</i> spp., <i>Acacia</i> spp., <i>Boscia</i> spp. und <i>Prosopis</i> spp. (Zwiauer).....	54
Abb. 21: Vegetations- und Landnutzungskarte Senegal (Quelle: http://edcintl.cr.usgs.gov/senegal2/sites.html)	55
Abb. 22: <i>Salvadora persica</i> (Zwiauer).....	56
Abb. 23: Blühender Bissap (R. Jaudas).....	63
Abb. 24: Augenbohne als Bodendecker (R. Jaudas).....	64
Abb. 25: Versuchsfläche in Mbakhana 2004. Im Vordergrund Versuchspflanzen – Auberginen. (Zwiauer)	66
Abb. 26: Die Dieselpumpe für die Bewässerung der Feldversuche musste mehrmals pro Woche zur Fläche gezogen werden. (J.-P. Uwiduhaye)	66
Abb. 27: Satellitenaufnahme der Versuchsfläche in Mbakhana. Mittlere Fläche (Quelle: google earth, Juni 2006).....	67
Abb. 28: Versuchsfläche in Ourourbe 2006. (J. Reichmayr).....	68
Abb. 29: Wöchentliche Wasserlieferungen in Ourourbe mit dem Zisternenwagen der CSS. (J. Reichmayr).....	68
Abb. 30: Windschutz in Ourourbe. Im Vordergrund mit Anzuchtbeeten 2006. (Zwiauer)	69
Abb. 31: Windschutz der Frauenkooperative Yelour (FAO Projekt). (Zwiauer)	70
Abb. 32: Sieben des Luftporenbildners („Laterit“). Links im Bild Khadim Ndiaye. (J.-P. Uwiduhaye).....	72

Abb. 33: Herstellung des SPS mit Luftporenbildner. (J.-P. Uwiduhaye)	73
Abb. 34: Jungpflanze nach unsachgemäßem Gießen. (R. Jaudas).....	75
Abb. 35: Ungedüngte Jaxatu. Anbau durch die Frauen in Ourourbe. (R. Jaudas).....	77
Abb. 36: Nematodenbefallene Wurzeln (R. Jaudas).....	78
Abb. 37: Spinnmilben auf Auberginen (R. Jaudas).....	79
Abb. 38: Schädlingsbefall (rote Spinne) auf Auberginen. Anbau durch die Frauen in Ourourbe. (R. Jaudas).....	79
Abb. 39: „Projekttaxi“ (Zwiauier).....	82
Abb. 40: Beet ohne SPS und Standardbewässerung (2 Monate nach dem Auspflanzen). (R. Jaudas).....	88
Abb. 41: Chili Beet mit Standardbewässerung und SPS-Zugabe. (R. Jaudas).....	89
Abb. 42: Beet mit 60% Wasserreduktion und SPS-Zugabe. (R. Jaudas).....	89
Abb. 43: Karotten. Anbau durch die Frauen von Ourourbe. Links: Kontrolle. Mitte: Mit SPS (verpflanzt). Rechts: mit SPS. (R. Jaudas).....	90
Abb. 44: Mairüben angebaut in Ourourbe; Links: Kontrolle. Mitte: mit Luftporenbildner. Rechts: Mit SPS. (R. Jaudas).....	91
Abb. 45: Tomaten. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. Im Vordergrund: Standardbewässerung. Mittlere Beete: 75% der Standardgießmenge. Hintere Beete: 50% der Standardgießmenge. Links: ohne SPS. Rechts: mit SPS. (Zwiauier)	97
Abb. 46: Jaxatu. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. Im Vordergrund: Standardbewässerung. Mittlere Beete: 75% der Standardgießmenge. Hintere Beete: 50% der Standardgießmenge. Links: ohne SPS. Rechts: mit SPS. (Zwiauier)	98
Abb. 47: Boxplott. Erträge (beziehen sich jeweils auf 20 Pflanzen) bei Jaxatu. Bewässerung mit salzbelastetem Wasser. (Quelle: H. Riedmann)	99
Abb. 48: Boxplott Erträge bei Jaxatu. Bewässerung mit Flusswasser (Quelle: H. Riedmann)	100
Abb. 49: Versuchsreihe VI. Im Vordergrund Beete mit organischer Düngung, ohne NPK-Dünger. Im Hintergrund bedarfsgerechte Düngung. (R. Jaudas).....	111
Abb. 50: Versuchsreihe VI. Im Vordergrund Beete mit organischer Düngung, ohne NPK-Dünger. Im Hintergrund bedarfsgerechte Düngung. (R. Jaudas).....	112
Abb. 51: Heuschrecken auf Maniok (H. Geisslhofer)	116
Abb. 52: Virusbefallene Tomatenpflanzen (R. Jaudas).....	121
Abb. 53: Badji Ba füllt eine Furche mit dem „neuem“ SPS (Mischung aus SP und Sand) auf. (J.-P. Uwiduhaye)	123
Abb. 54: Feldversuch mit Tomaten. (R. Jaudas).....	133
Abb. 55: Feldversuch mit Auberginen im Mai 2005. Demba Traoré und Malik Fall beim Wässern der Kulturen. (R. Jaudas).....	138
Abb. 56 und 57: Hüttenbau in Ourourbe (M. Gajdos).....	165
Abb. 58: Hütte in Ourourbe (M. Gajdos).....	166
Abb. 59: Bodjiel Ba (Bildmitte) mit ProjektmitarbeiterInnen. (J. Reichmayr)	183
Abb. 60: Maimouna, Fatou und Koumba (v.l.n.r.) (Zwiauier)	183
Abb. 61: Houlematou mit ihren Cousinen (J. Reichmayr)	184
Abb. 62: Diouldé, jüngste „Projektmitarbeiterin“ (J. Reichmayr)	184
Abb. 63: Amadou Gueye Ba mit Johannes Reichmayr (Ch. Korischek)	185
Abb. 64: Raky Deh mit Enkelin (J. Reichmayr)	185
Abb. 65: Aliou und Ousman Ba (v.l.n.r) (J. Reichmayr)	186
Abb. 65: Verteilen der Ernte (Zwiauier).....	194