



# Ingenieurbiologie in den Tropen

## Eine Einführung in den alltäglichen Wahnsinn



## Nachhaltigkeit

„Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, Ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

Gro Harlem Brundtland; 1987



## Nachhaltigkeit

hat immer mehrere Aspekte:

soziale – ökologische - technische Nachhaltigkeit

Diese Aspekte sind eng mit einander verwoben,

die Bezüge zueinander allerdings nicht immer offensichtlich.

Mein Vortrag wird sich in drei Schritten genau an diesen Themen orientieren.



Beispiel:

Der technische Fortschritt in der Landwirtschaft:

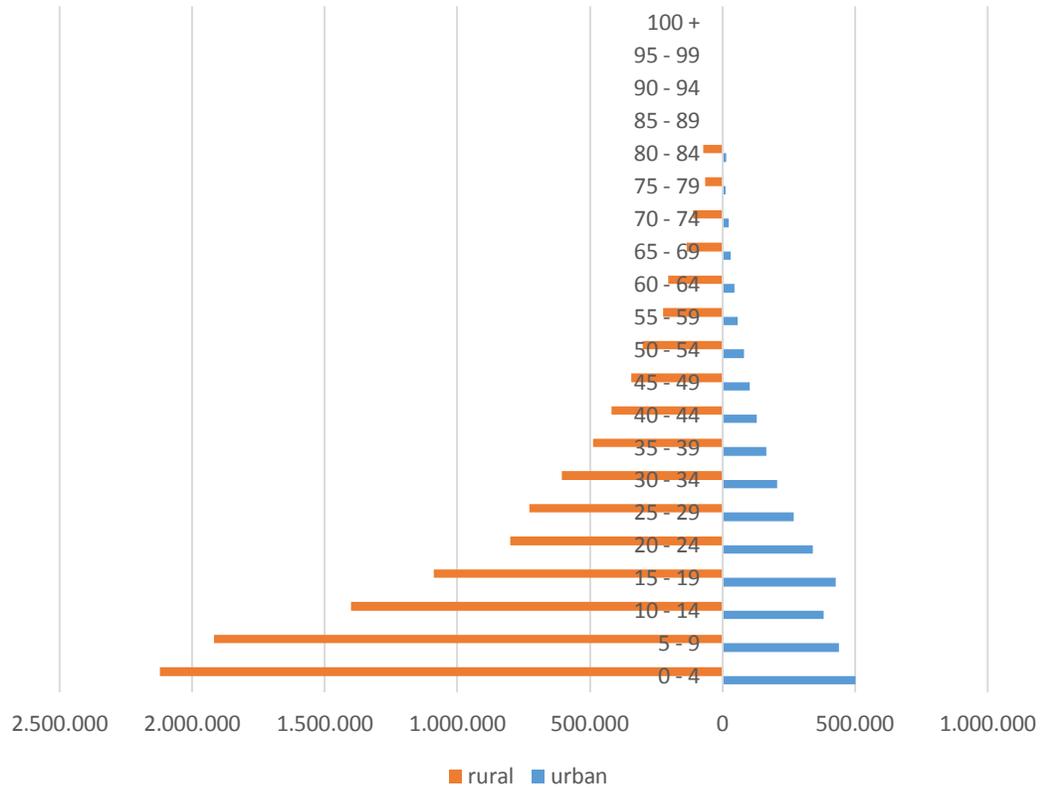
Führt zu weniger Arbeitsplätzen im ländlichen Raum.

In der Folge zu einer verstärkten Verödung der Ortschaften und Landflucht.

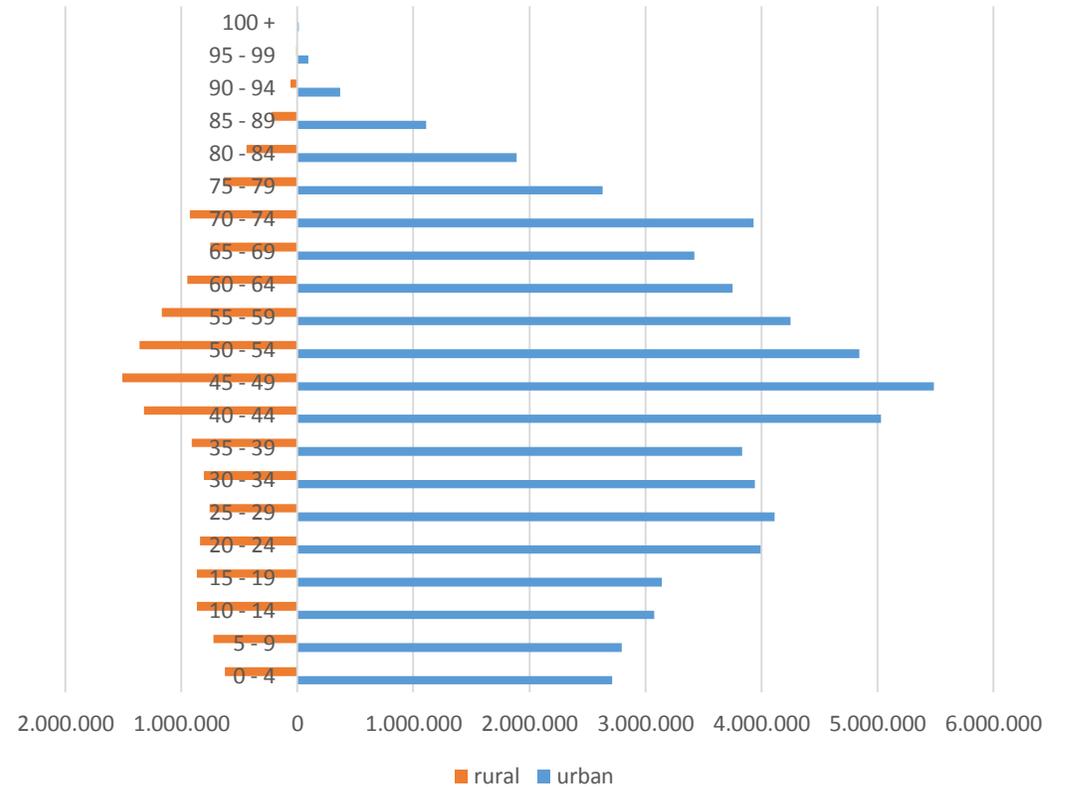
Es kann zu einer „industriellen“ Landwirtschaft kommen,  
oder zu einer kompletten Aufgabe der Landwirtschaft in ganzen Landstrichen.



Einwohnerverteilung Mali



Bevölkerungsverteilung Deutschland



Quelle: UNO Demographic Yearbook 2015



**In Deutschland ist Landwirtschaft hoch produktiv.**

**Unproduktive Flächen werden extensiviert oder stillgelegt.**

**Allgemeingut wird verwaltet und (in den meisten Fällen) respektiert.**

**Der größte Teil der Landwirtschaft ist manuell.**

**Alle Flächen werden bis zur Grenzbelastbarkeit (und darüber hinaus) genutzt.**

**Für Allgemeingut (und dazu zählen vom Gesetz her alle Ufer) fühlt sich niemand verantwortlich.**



- Jetzt stellen Sie sich einfach mal vor, was in einer Gesellschaft passiert, in der 80% der Beschäftigten in der Landwirtschaft arbeiten, wenn Sie von einem Tag auf den anderen dieselbe mechanisieren und wiederum 80% dieser Jobs verlorengehen:

- 1) Der Druck auf das wenige übrige Land steigt rasant an.
- 2) Der Bevölkerungsüberschuss wandert ab in die Stadt.

Das Kapital und die Technik dafür existieren und stehen bereit.

Und was würde passieren, wenn in unserer Landwirtschaft 80% der Jobs auf einen Schlag verloren gehen würden?



Schafe und Ziegen werden (vor allem in der Trockenzeit) frei laufen gelassen. Der kleine Baum ist eine *Accacia albida*, ein sehr wichtiger Baum in der Agroforstwirtschaft.



Selbst im peri-urbanen Raum ist Wasser im Haus selten und wenn vorhanden, dann teuer. Gewaschen und gebleicht wird am Flussufer.





Aus Stroh und Lehm werden Lehmziegel hergestellt.  
Der Einfachheit halber direkt am Ufer.



Was die Schafe überlebt,  
steht unter permanentem  
Nutzungs- und Spieldruck,  
auch oder vor allem durch  
Kinder.



Mechanisierte Goldwäscher graben den Grund um und destabilisieren das komplette System.



Sand für die Bauwirtschaft ist der am schnellsten wachsende Markt. Etwa 20km um die Hauptstadt sind die Lagerstätten erschöpft. Flussabwärts wird das Sediment nicht mehr durch Geschiebe aufgefüllt. Schwer zu glauben, aber die Ressource Sand wird am Rande der Sahara selten.

Abgebaut wird der Sand direkt im Flussbett. Um ihn nutzen zu können, muss er beim Abbau gewaschen und zu feine Partikel entfernt werden.

Das passiert überall, auch wenn man dabei dem Nachbarn den Boden unter den Füßen (oder Häusern) abgräbt.



Blick auf das Ortszentrum von Manendaga. Das Flussbett ist an dieser Stelle etwa 2km breit. Nichts desto trotz tritt der Fluss auch hier zeitweise über die knapp 7m hohen Ufer.

Hauptursache für die Erosion ist hier der durch den Wind erzeugte Wellenschlag der die total von Vegetation freien Ufer trifft.

Zudem handelt es sich bei der anschließenden Ebene nur um eine Scheinebene mit einem extrem geringen Gefälle. Bei starken Regenfällen fließt das Wasser auf der gesamten Fläche.





Etwas außerhalb findet man noch bewachsene Ufer.

Eine grundlegende Methode der Ingenieurbiologie ist die Nachahmung natürlicher Ökosysteme. Genau das sind die Pflanzen, die man in der Ingenieurbiologie einsetzen könnte.



Relikte von Galeriewäldern; hoch divers: etwa 70 verholzende Gewächse identifiziert

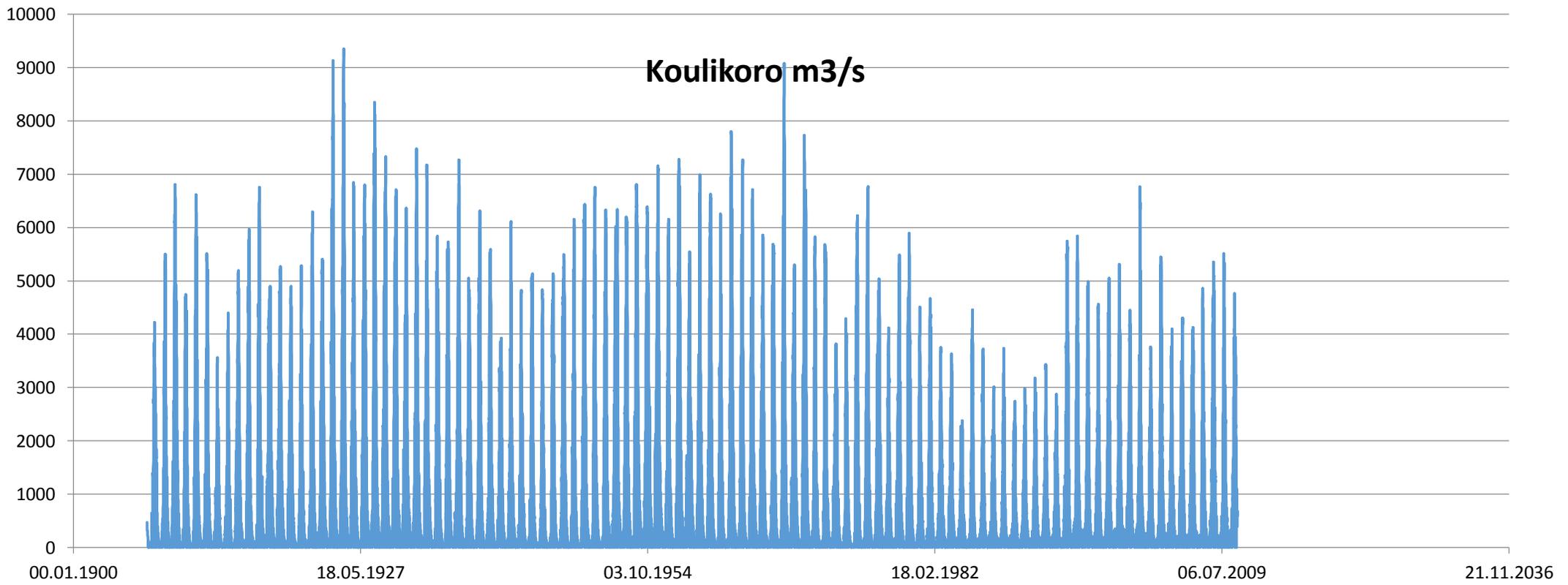


## Extremer Wasserhaushalt

Die Wasserführung ist 500 bis 9000 m<sup>3</sup> pro Sekunde je nach Jahreszeit

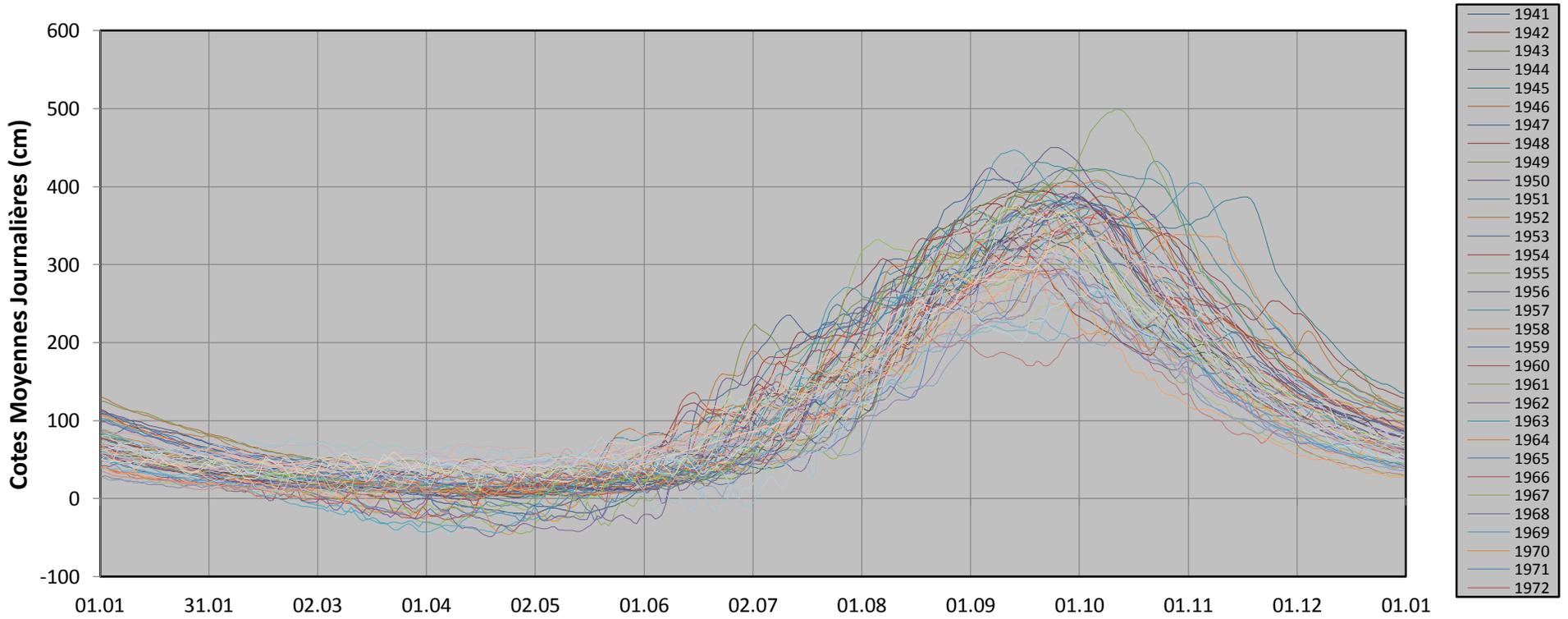
Je nach Einengung des Flussbettes kann die Überstauung durch das Hochwasser 7m während 5 Monaten betragen

In der Hauptstadt Bamako (Flussbett 3km) beträgt es etwa 3m, mit Maxima bis 5m



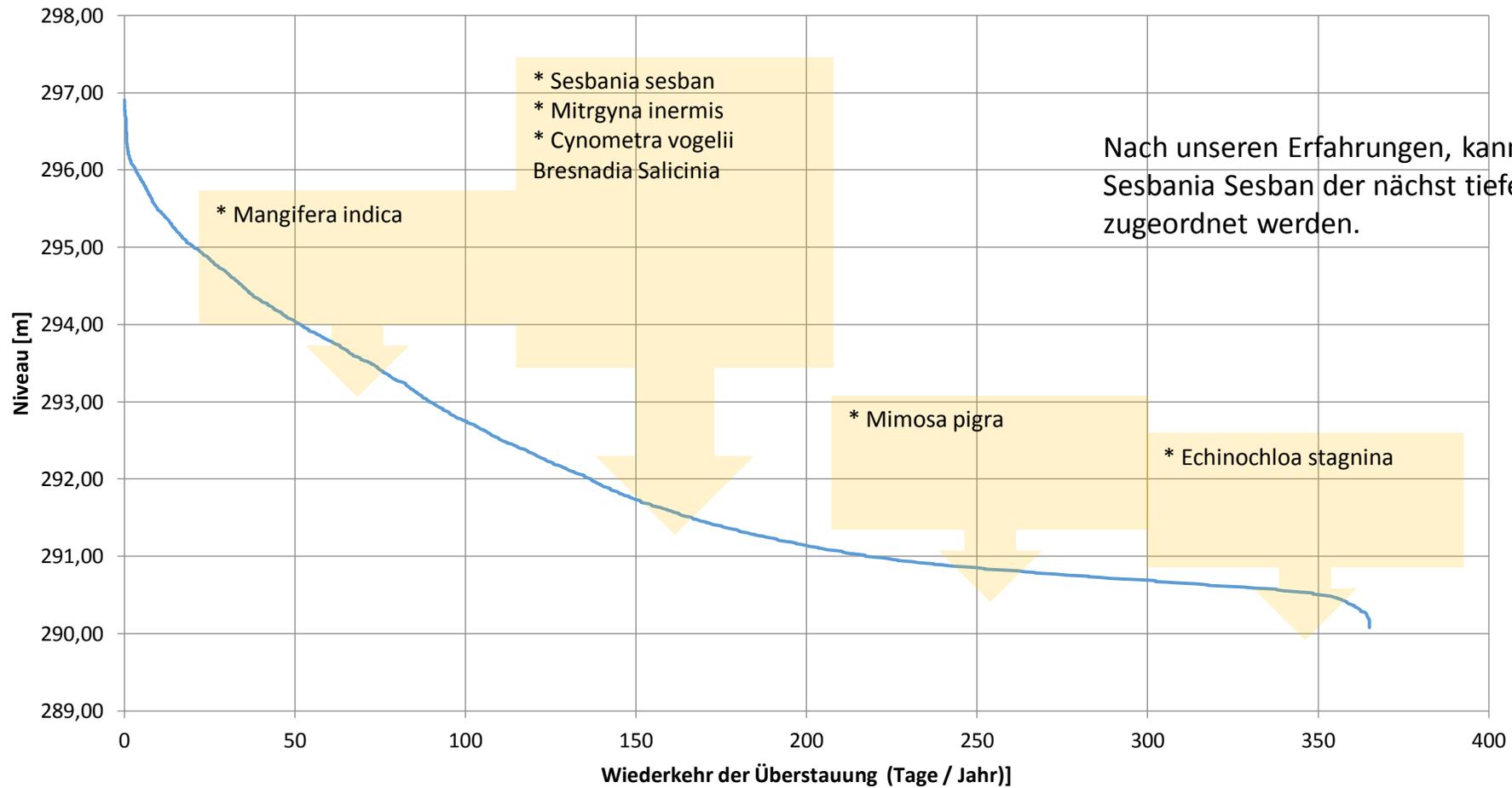


Station : 1271500109 = Bamako - Brigade fluviale (Niger)  
Capteur : J-1 = H.J. (lecture d'échelle)  
Cotes Moyennes Journalières





## Koulikoro 1985-2011



Nach unseren Erfahrungen, kann mindestens Sesbania Sesban der nächst tieferen Klasse zugeordnet werden.



### **Mimosa pigra**

Links als jährlich auf den Stock zurückgesetzte Pflanze, rechts in einer über mannshohen Hecke.



## Mimosa pigra – ein Multifunktionsunkraut

Die Wuchsform entspricht in etwa einer Brombeere. Sie wuchert nahe dem Boden herum, ist fürchterlich stachelig und hat weder fressbares Laub noch Früchte. Sie ist also bei der Landbevölkerung nicht beliebt.

Aber:

- 1) Sie überlebt 7 Monate komplette Überflutung.
- 2) Sie deckt sehr effektiv den Boden ab. Verringert die Fließgeschwindigkeit ohne massiven mechanischen Widerstand zu leisten. Und verwurzelt sich sehr massiv.
- 3) Als Leguminose ist sie in der Lage Stickstoff aus der Luft mit Hilfe von Symbionten zu binden.
- 4) Sie bildet eine perfekte Kinderstube für Jungfische (Anmerkung: Fisch ist die wichtigste Proteinquelle im Niger Tal, noch vor dem Huhn oder Schaf. Rindfleisch leistet sich die Normalbevölkerung nur zum Zuckerfest) . Sie ist Deckung vor Fressfeinden und liefert zu Beginn der Überflutung hoch stickstoffhaltiges Futter. Nur die Flussnomaden sind sich dieses Zusammenhanges bewusst.
- 5) Sie ist der bevorzugte Lebensraum von *Thryonomys swinderianus* einer etwa hundegroßen Ratte, die local als Agouti bezeichnet wird und von bestimmten Volksgruppen gejagt und gegessen wird.
- 6) Und als letztes: sie ist extrem einfach aus Saatgut zu erzeugen und wächst als Baumschulpflanze auch unter widrigen Bedingungen gut an.



## Sesbania sesban

An ihrem natürlichen Standort, sie überlebt auch Überflutungen von 5 Monaten und rechts erfolgreich in einer unserer Pflanzungen.



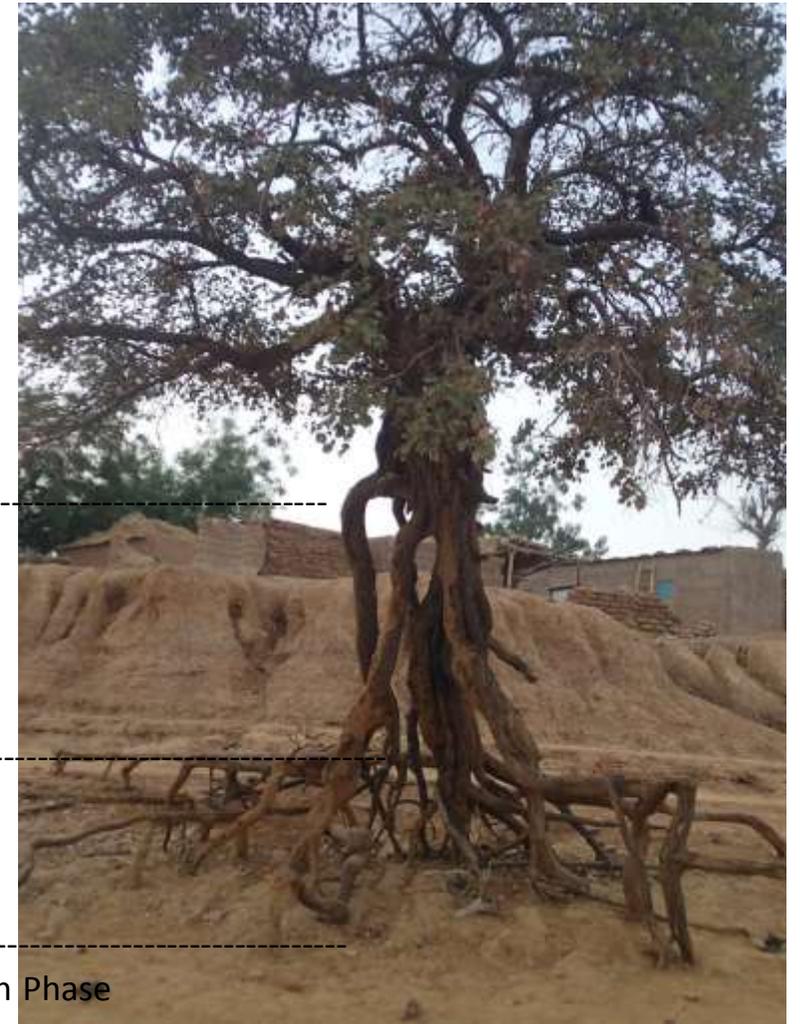
Links einer der wirklich raren Reliktbäume eines ehemaligen Auwaldes.

Rechts ein Baum an dem man sehr gut die Entwicklung des Flussbettes und genauer noch zwei distinkte Erosionsschübe erkennen kann

Ursprüngliches Bodenniveau -----

Neues Bodenniveau, -----  
nach einer langen stabilen Phase erfolgte sehr schnelle Erosion

Aktuelles Bodenniveau-----  
Auch nach einer längeren stabilen Phase





Einer meiner Lieblinge:

Die einzige Pflanze einer wundervoll dekorativen Rasse von Baumwolle, die ich während meines Aufenthaltes zu sehen bekam.

Die Pflanze ist mehrjährig und verholzend und erreicht eine Höhe von 4m.

Selbst die ursprüngliche, mittelamerikanische Art der heute weltweit angebauten Baumwolle ist mehrjährig. Allerdings wird sie in moderner Kultur vor der Ernte getötet (oder vertrocknet einfach auf Grund ihres hohen Wasserbedarfs). Viele Probleme weltweit sind auf diese Jagd nach dem Ertrag zurückzuführen (z.B.: Austrocknung des Aralsees, Bodenzerstörung in Afrika). Diese Pflanze widersteht dem Klima und könnte in der Ingenieurbiologie eingesetzt werden.



## Ingenieurbiologie und Agrarökologie - ein untrennbares Geschwisterpaar in den Tropen

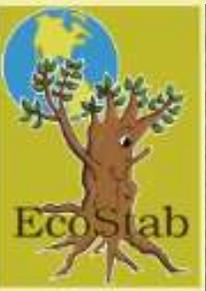
Es handelt sich um zwei methodische Ansätze, die scheinbar getrennt sind, jedoch sowohl das gleiche Ziel verfolgen (qualitativer sowie quantitativer Bodenschutz), als auch die gleichen Mittel (Pflanzen) und Methoden (Biodiversität als Garant von Resilienz, temporäre mechanische Hilfskonstruktionen) benutzen.

Aufgrund des extremen Nutzungsdrucks auf die gesamte Vegetation muss jede ingenieurbiologische Intervention auch als landwirtschaftliche Intervention gesehen werden (und umgekehrt, da wohlgemeinte aber unangepasste landwirtschaftliche Maßnahmen zu großflächiger Erosion führen können). Bei der Auswahl der Pflanzen muss darauf geachtet werden, dass sie dem Druck entweder von sich aus widerstehen, oder geschützt werden. Dabei gilt die alte Regel: Kein Nutzen - kein Schutz.

Hierbei kann der persönliche Nutzen ganz unterschiedlicher Art sein: von direktem Einkommen bis Ansehen in der Gemeinschaft. Manche komplizierte Zusammenhänge (z.B.: *Mimosa pigra* als Laichgrund) sind sehr schwierig zu vermitteln. Die Projekte brauchen daher vor allem Beratung, Begleitung und Zeit.

Wenn die Motivation und der gesellschaftliche Einfluss derer, die ein Projekt unterstützen, nicht ausreichend sind, reicht eine kleine Gruppe von „Uninteressierten“ um ein Projekt oder eine Baustelle zum Scheitern zu bringen. Eine einzige Ziege kann an einem Tag eine komplette Baustelle „leerfressen“.

Eine gesellschaftliche Transformation benötigt in erster Linie Zeit. Aber während eine schlecht sortierte Recyclingmülltonne wenig Schaden anrichtet, kann ein abgefressener Baum eine Baustelle ruinieren.



Kangaba  
Mittleres Verwaltungszentrum  
70km süd-westlich von Bamako

Befahrbarer Deich mit der Anlegestelle der Fähre



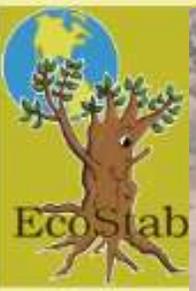


Besonderheit hier: Das Ufer liegt nicht direkt an der städtischen Bebauung. Das Problem der Erosion ist bekannt, wird aber nicht als so tragisch aufgefasst, außer, dass die einzige Fähre auf 50km in Gefahr sein könnte. Zudem befinden wir uns im Bereich der Goldvorkommen im Niger. Die Jugend zieht Goldschürfen regulärer Arbeit vor, da man sowohl seinen Lebensunterhalt sichern kann, als auch die Chance auf einen großen Fund hat. Für die Feldarbeit werden Leute von außerhalb angeheuert, beziehungsweise Felder liegen teilweise brach. Uns wurde von vorne herein gesagt, dass man uns nicht mit (kostenloser) Arbeitskraft unterstützen kann. Lediglich eine Akzeptanz unserer Maßnahmen wurde uns zugesichert. In der Trockenzeit dient das Flussbett allerdings als Schnellweg für große Vieherden, was den Einfluss der 1km entfernt wohnenden Bevölkerung relativiert.

Daraus ergibt sich eine spezielle Planung: ein sogenanntes „fire and forget“ . Also eine einmalige Intervention, die sich danach ohne weitere Pflege (und besonderen Schutz) weiterentwickelt.

Für die Wahl der Pflanzen ergibt daraus, dass nur solche in Frage kommen, die 5 Monate Überstauung überleben und auf keinen Fall von Kühen gefressen werden. Von den angefragten Arten konnte die Forstbaumschule genau 3 anbieten (wovon dann später eine ersetzt werden musste und eine falsch geliefert wurde).

Als Experiment wurden Buhnen von in 2m Schritten variierender Breite und 30m Länge geplant (farbige Markierungen im nächsten Bild).





## Vegetative Buhnen

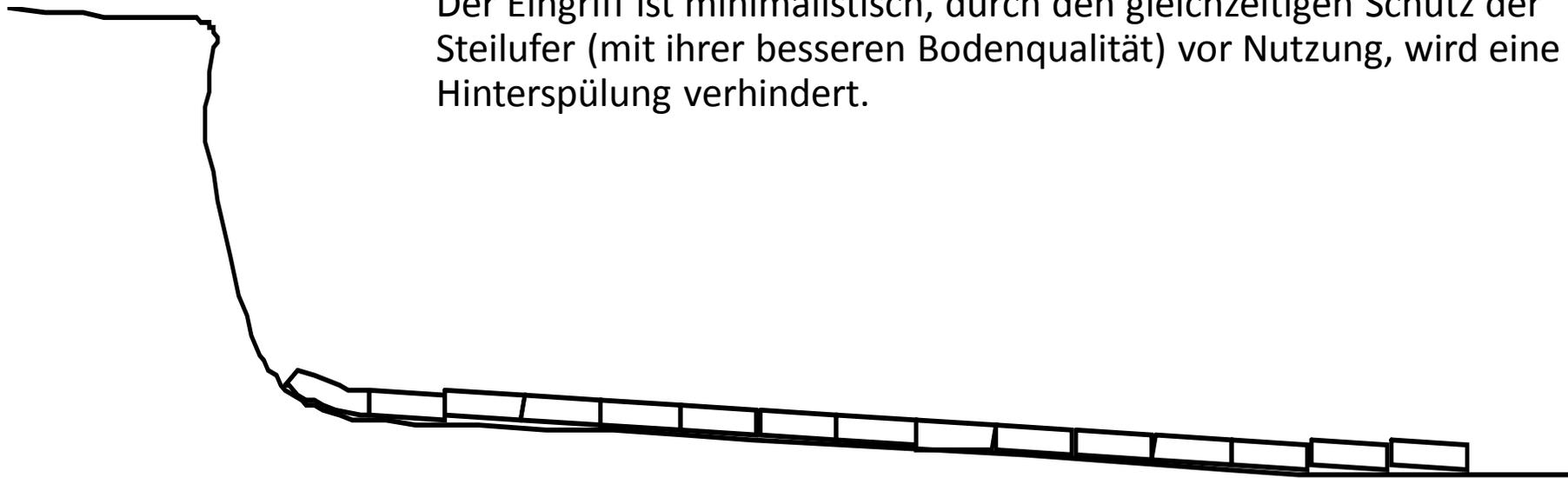
Die eingesetzten Wasserbaummatratzen dienen nur dazu den Pflanzen eine Verwurzelung in dem reinen Sandsubstrat zu ermöglichen.

Der eigentliche „Buhneneffekt“ wird später ausschließlich von der Vegetation übernommen.

Da die mechanische Belastung begrenzt ist, können Blöcke aus lateritischem Krustenmaterial benutzt werden, die lokal zur Verfügung stehen. Dieses Material kann aufgrund seiner geringen mechanischen Belastbarkeit nicht für Mauern benutzt werden.

Wasserbaummatratzen werden aufgrund ihrer geringen Höhe durchspült. Technisch werden sie nie ohne ein dauerhaftes Geotextil eingebaut. In unserem Fall sollen die Wurzel der Pflanzen als dauerhaftes Fließ eine Ausspülung verhindern.

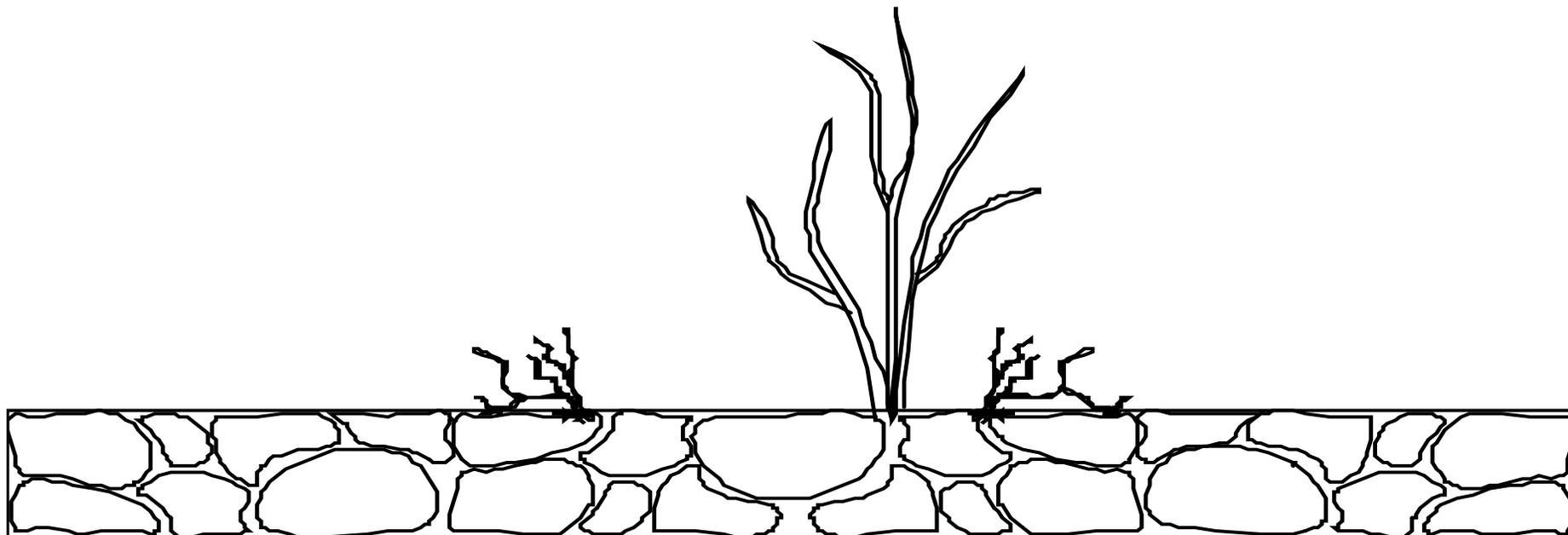
Zudem reduzieren die Pflanzen die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche der Matratzen und verringern den schmirgelnden Effekt des transportierten Sediments auf die Verzinkung der Gabion Käfige.



Der Eingriff ist minimalistisch, durch den gleichzeitigen Schutz der Steilufer (mit ihrer besseren Bodenqualität) vor Nutzung, wird eine Hinterspülung verhindert.



Kleinere Pflanzen in den Randbereichen, zur Mitte zu grösser werdende Pflanzen



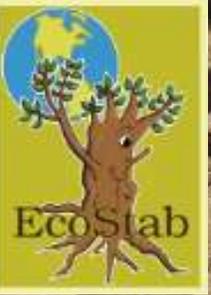
















Die Pflanzen werden in Hohlräume der Wasserbaumatratze gesetzt und diese dann mit einem flüssigen Gemisch aus bindiger Erde und Wasser gefüllt. Das erlaubt den Pflanzen einen Schluss zum Untergrund zu bekommen und gibt einen geringen Vorrat an Wasser.

Allerdings muss man genau planen, denn lange gießen kann man eine komplette Baustelle nicht bei über 40°C.

Bereits der erste Regen brachte viel Sediment, dass die übrigen Zwischenräume in der Matratze verfüllt hat. Jetzt würden die Pflanzen auch schon eine Woche ohne neuen Regen überstehen.



Wir hatten Glück: nach wenigen Tagen kam der erste Regen. Bei den deutlich sichtbaren Fiederblättern einer Leguminose handelt es sich leider nicht um die angeforderte *Sesbania sesban* sondern wahrscheinlich um *Sesbania pachycarpa*, die einjährig ist und folglich nach der Überschwemmung nicht mehr ausschlägt. Der Fehler geht bis in die Samenbank der Forstverwaltung in Burkina faso zurück, die das Saatgut geliefert hat.



Hier tauchen unsere Buhne nach der Regenzeit wieder auf. Anfangs sieht alles ziemlich tot aus.



Aber schon nach wenigen Tagen zeigen sich die ersten Blätter. Als erstes kommt *Ptérocarpus santalinoides*, die Art die «eingewechselt» wurde . Leider handelt es sich bei dem roten Sandelholz sowohl um eine exotisch Art (Heimat ist Indien) als auch um eine Art die vom Vieh nicht verachtet wird. Nach zwei Jahren hat keine der Pflanzen überlebt.





Die Baustelle nach 2 Jahren. Nur die unscheinbare *Mimosa pigra* hat gut überlebt.

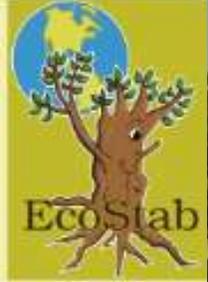






Die gleiche Baustelle nach 3 Jahren. Die Bühnenköpfe sinken ab und durch die Auskolkungen sind vertiefte Bereiche entstanden.





Verschiedene Sämlinge konnten sich spontan in den Gabionen festsetzen. Aber wie man an der dritten Pflanze von links sieht werden sie z.T. sofort abgeweidet. Die Pflanze ganz rechts ist *Sesbania sesban*. Ohne größere Störung würde sich hier im Laufe der Zeit eine stabile, gegen Beweidung resistente Pflanzengemeinschaft einstellen.



Bilder kurz vor den Regenzeit 2017 zeigen Goldschürfer und ziemlich vegetationsfreie Bühnen.





Die dunkelbraunen Flecken im Sand sind Kuhfladen, durch die bessere Erreichbarkeit von offenem Wasser werden die Buhnen nun verstärkt als Viehtränke, Anlegesteg und Goldclaims genutzt. Wahrscheinlich wird sich die Vegetation nicht durchsetzen können.



**Andere Baustelle**  
**Periurbaner Bereich**  
**Koulikoro; Stadtteil Souban**



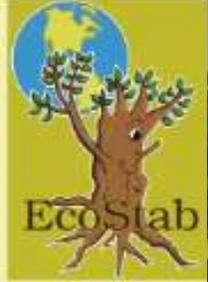
Ein erster Eindruck, vor der Regenzeit



... und während der Regenzeit



In einigen Abschnitten sind Wohnhäuser direkt gefährdet. Und so viel sich dieser Baum wehrt, auch er wird irgendwann den Kampf verlieren.



Die Nutzung des Flussufers als Sandverladestation und nur wenige hundert Meter weiter die Nutzung als Gartenbau.





Die Baustelle liegt in Souban, einem Vorort Koulikoro, der Stadt in der die deutsche Armee stationiert war.





Stark erodierter Zufluss

Sandverladefläche

Gartenbaugelände



1:1  
10:2  
100:4

Leibniz  
Universität  
Hannover

iup Institut für Umweltplanung



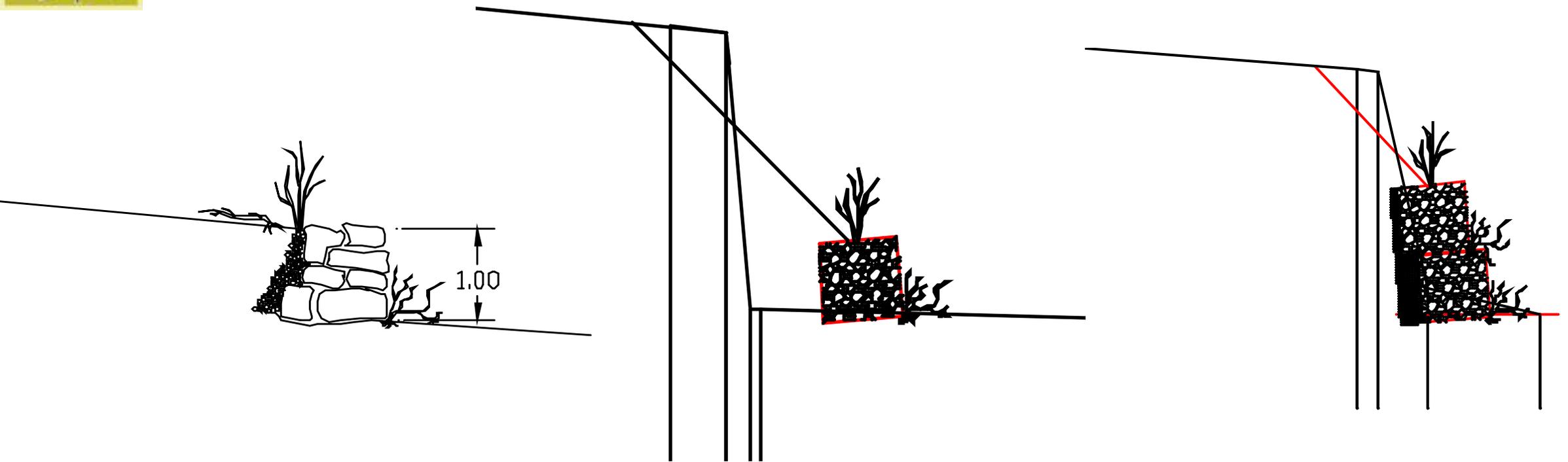
Die geplanten Interventionen

Figure 5: Vue aérienne des secteurs du futur aménagement dans le cadre de la reconstitution des berges

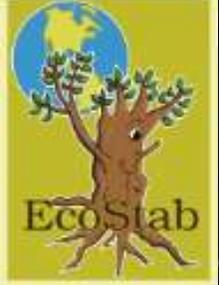


Eine Methode der Ingenieurbiologie ist es natürliche, stabile Systeme nachzuahmen. In diesem Fall haben wir ein autochthones, anthropogenes System als Vorbild. Dieses Foto einer perfekten ingenieurbiologischen Maßnahme wurde nur wenige Kilometer flussabwärts gemacht. Warum dieser Bauer die traditionellen Totholzhecken durch lebende Pflanzen ersetzt hat ist nicht bekannt, aber das Ergebnis ist beeindruckend. Die Hecke besteht hauptsächlich aus *acacia macrostachia* und *mimosa pigra*.





Die Planung sieht gartenbauliche Flächen vor, die wasserseitig durch ingenieurbioologische Maßnahmen und mechanische Fußsicherungen geschützt werden. Diese können je nach Belastung aus Trockensteinmauern oder Gabionen bestehen. Man muss hierzu bemerken, dass Trockensteinmauern komplett mit lokalen Ressourcen gebaut werden können, während Gabionkäfige industriell gefertigt sind und importiert werden müssen. Ein Meter Gabionverbau kostet daher bei gleichem Volumen soviel wie 4m Trockensteinmauer.





Auf einer Abraumhalde wird der Einbau von Faschinen demonstriert. Als Grundmaterial für diese Totholzfaschinen dient das Reisig den indischen Neem Baumes. Laub und Rinde dieses Baumes sind so giftig, dass sie keinen kommerziellen Wert darstellen und gleichzeitig den allgegenwärtigen Termiten für mehrere Monate widerstehen.



Die Trockensteinmauern erhalten eine Hinterschüttung aus Kies, um ein Auswaschen des aufzufüllenden Substrates zu verhindern.



Eine Lieferung aus der Baumschule



Böse Überraschung: anstatt wie in den Plänen in 45° wurden die Faschinen praktisch horizontal eingebaut. Die ausführende Firma hatte die Pläne nicht gelesen und die Bauleitung des Projektes hatte komplett versagt und den Fehler nicht bemerkt.



Die Stängel neben der Ziege waren Papaya Pflanzen. Eigentlich gelten die Blätter dieser Pflanze als ungenießbar. Die Einzäunung der Baustelle ist praktisch, man muss die Ziegen nur hineinheben, danach braucht man sich keine Sorgen mehr zu machen. Direkt am Zaun stehen (schwer zu erkennen) Henna und Jatropha Pflanzen. Beide werden von Ziegen nicht gefressen und liefern kommerzialisierbare Produkte und werden das Projekt überleben.



An einigen Stellen hat gar nichts überlebt.



Aber wieder andere Stellen zeigen recht gute Ergebnisse. Trotzdem wurde das Projekt zu diesem Zeitpunkt, 8 Monate nach Baubeginn, als gescheitert beendet.



Nichts desto trotz haben Dorfbewohner und Projektmitarbeiter das Projekt nicht aufgeben wollen und einen Sektor nach den Originalplänen hergerichtet.







Und nach der Regenzeit



Bei den Pflanzarbeiten wurde ein Großteil in Vetiver Grass gepflanzt. Diese Pflanze wird seit 20 Jahren weltweit propagiert. Sie wächst sicher und schnell an, ist allerdings ohne nachhaltigen Erfolg. Als schlechte Futterpflanze liegt ihr einziger kommerzieller Wert im Ausgraben der Wurzeln wegen ihrer Aromastoffe. In unserem Fall hier sieht man mindestens 4 weitere autochthone Arten zwischen den noch dominanten Vetiver Pflanzen.

„Greenwashing“ ist eine bekannte Methode der Werbung. Im Falle der Ingenieurbiologie wären das Monokulturen aus Vetiver und Eukalyptus. Nutzlos, zum Teil sogar schädlich für das Ökosystem, aber schön grün.



Ende der Regenzeit 2017 im Rahmen einer Straßen Baustelle wurde völlig grundlos der große Mangobaum gefällt und halb im Bach liegengelassen. Und niemand fühlt sich verantwortlich.....



Der Sektor mit der Trockensteinmauer im März 2014 (der gelbe Sektor auf Folie 57).

Die Projektbegünstigten bauen Okra an. An anderer Stelle wurden Peperoni gepflanzt. Immer als Reinkultur für den Markt.

Das Projekt hat eine Pumpe finanziert um Wasser aus dem Fluss in die Tonnen zu pumpen.

Für die Zukunft war vorgesehen hier Schulungen durchzuführen und Polykulturen mit agro-forst Charakter zu etablieren.



Nach der Regenzeit 2014 ist das Projekt nicht mehr aktiv. Aber viele der Pflanzungen und natürliche Wildkräuter sind in gutem Zustand.



Da das Gelände nicht mehr dem Projekt „gehört“ wird es sofort als Allgemeingut ausgebeutet.



Und das ist der Zustand 6 Monate später gegen Ende der Trockenzeit. Fischer haben sich eine Rampe in die Mauer geschlagen, um ihr Boot auf der Terrasse reparieren zu können.



Man bekommt oft die Frage gestellt warum man sich das antut. Die aktuelle Migrationsdiskussion und die Aussichten der UN zur Entwicklung der Weltbevölkerung sollten Antwort genug sein.

Wem das nicht reicht, für den ist dieses Photo.

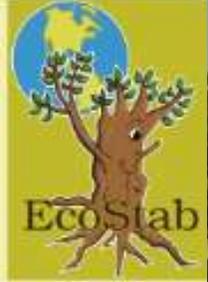


Danke für Ihre Aufmerksamkeit  
**[www.EcoStab.de](http://www.EcoStab.de)**



**EcoStab**    Ökologisch korrekt...  
                         .... mechanisch stabil

Ingenieurbiologisches Beratungsbüro  
Dr. Dieter Werner Koch  
Keplerstrasse 14  
D-69120 Heidelberg



## Einige Links für Informationen und Bücher:

Deutsche Universitätscooperationen

Das Fauna Afrika Projekt des Senckenberg Institutes ([www.africanplants.senckenberg.de](http://www.africanplants.senckenberg.de))

WASCAL (West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use) ([www.wascal.org](http://www.wascal.org))

GlobE-UrbanFood Plus - African-German partnership ([www.urbanfoodplus.org](http://www.urbanfoodplus.org))

Editions Quae (der französischen Forschungsgemeinschaft für Landwirtschaft und Ökologie) ([www.quae.com](http://www.quae.com))

Les Forêts du Mali (ISBN: 978-2-7592-1811-0)

Ligneux du Sahel (ISBN: 9782759201198)

Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (ISBN: 978-2-7592-0332-1)

Das Centre international de recherche agronomique pour le développement ([www.cirad.fr](http://www.cirad.fr))

Das Institut de la recherche pour le développement ([www.ird.fr](http://www.ird.fr))