Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

Bau einer „Low-Cost“ Bewässerungsanlage („Green-River-Prinzip“ nach Volker Korrmann)

SLE

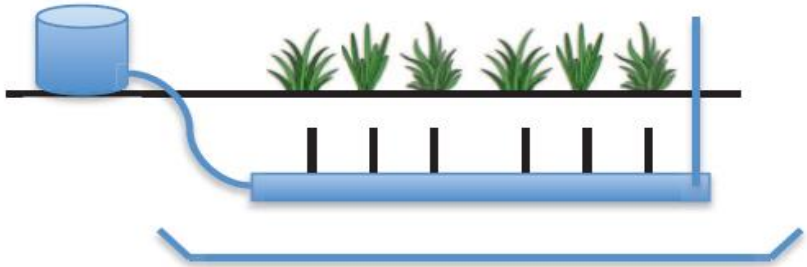
Peter-Lenné-Schule
Oberstufenzentrum Natur und Umwelt

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

1. Einleitung

Das „Green River Prinzip“ ist ein „Low Cost“ (LowTech) Bewässerungsverfahren aus gebrauchten PET-Flaschen

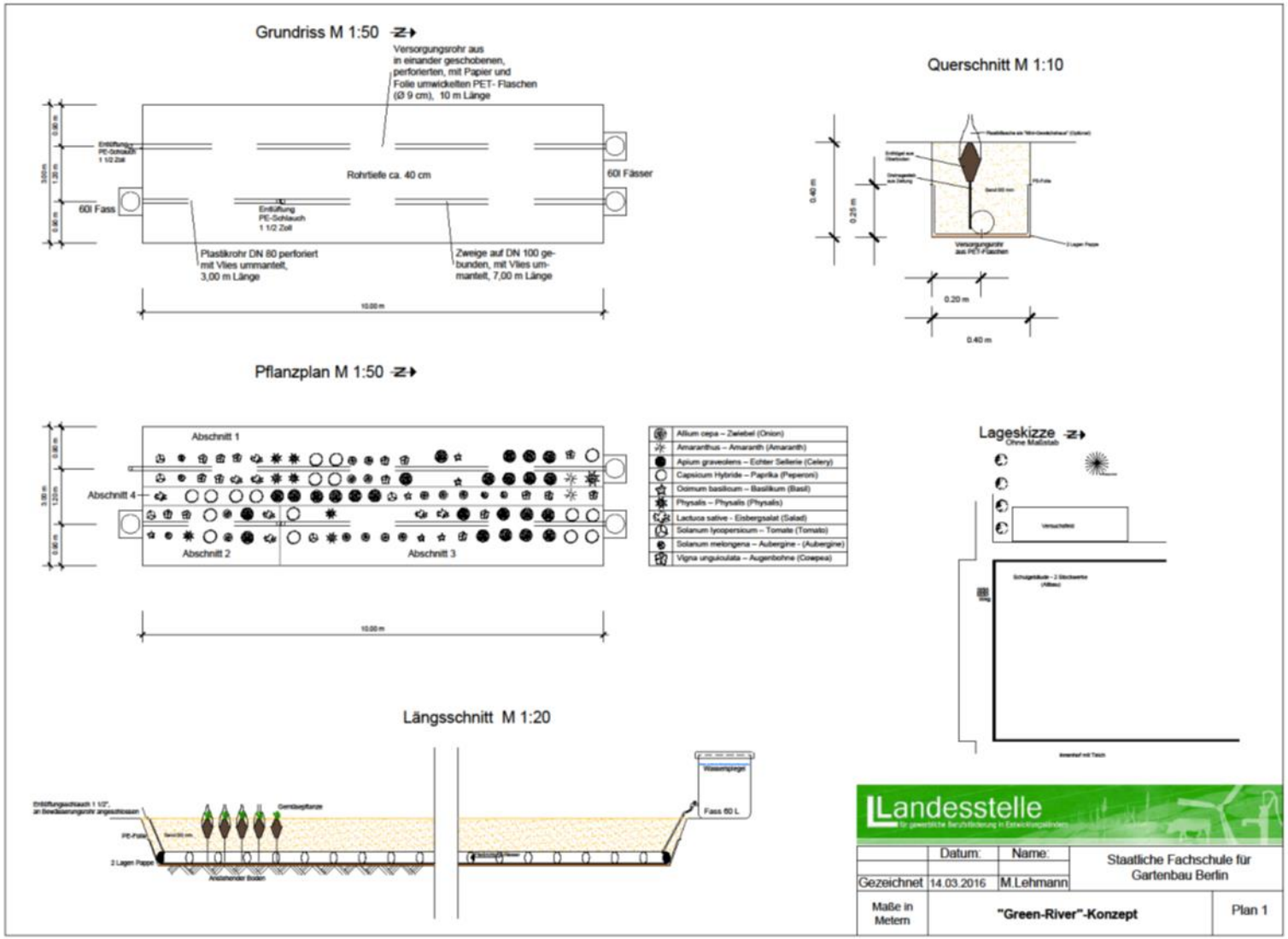
- PET-Flaschen werden zu einem Bewässerungsrohr zusammengesetzt
- Pflanzen werden über dieses unterirdische Rohr mit Wasser versorgt
- Durchlässe im Rohr geben das Wasser langsam an den Boden ab
- Eingelegte PE-Folien verhindern die Versicherung des Wassers in den Untergrund
- Dochte aus Zeitungspapier sorgen für den Feuchtigkeitstransport zu den Wurzeln in Anwachsphase



Vorteile des Verfahrens

- **Wasserverbrauch kann um 75 % ggü. herkömmlichen Bewässerungsverfahren reduziert werden (geringere Verdunstung, geringere Versickerung)**
- **Das System könnte zur Verbesserung der Erträge im kleinbäuerlichen Gemüsebau in Ländern des globalen Südens (arid bis semiaride Gebiete) beitragen**
- **Geringe Investitionskosten aufgrund der Verwendung von Abfallmaterialien**

Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern



2. Wasser und Bewässerung in der Landwirtschaft

Wasser ist eine der wichtigsten Ressourcen unseres Planeten!

- **Süß- und Trinkwasser machen lediglich 3,5% des Gesamtwassermenge der Erde aus**
- **Landwirtschaft ist mit ca. 70% der größte Wasserverbraucher**
- **Weltweit werden ca. 40% aller Lebensmittel mit künstlicher Bewässerung erzeugt**
- **In Deutschland sind 5,3% der landwirtschaftlichen Fläche bewässert, davon ca. 60.000 ha Gemüse**
- **Intensive, nicht angepasste Bewässerung kann sich negativ auf den Boden (Verschlämmung, Zerstörung der Bodenaggregate, Auswaschung von Nährstoffen) und die Qualität der Produkte (Pilzinfektionen, geringere Lagerfähigkeit) auswirken**
- **Positive Aspekte einer fachgerechten, effizienten Bewässerung sind Ertragsstabilität, gute Vermarktung und hohe Qualität**

Bewässerungsverfahren

- **Beregnung mit stationären und mobilen Maschinen (*Kreis- und Linearberegung*, *Trommelberegnung*)**

- **Oberflächenbewässerung in Form von *Becken- und Furchenbewässerung, Rieselverfahren***
- ***Unterflurbewässerung* durch Anhebung des Grundwassers, Einbau von unterirdischen Rohren und Tropfschläuchen**

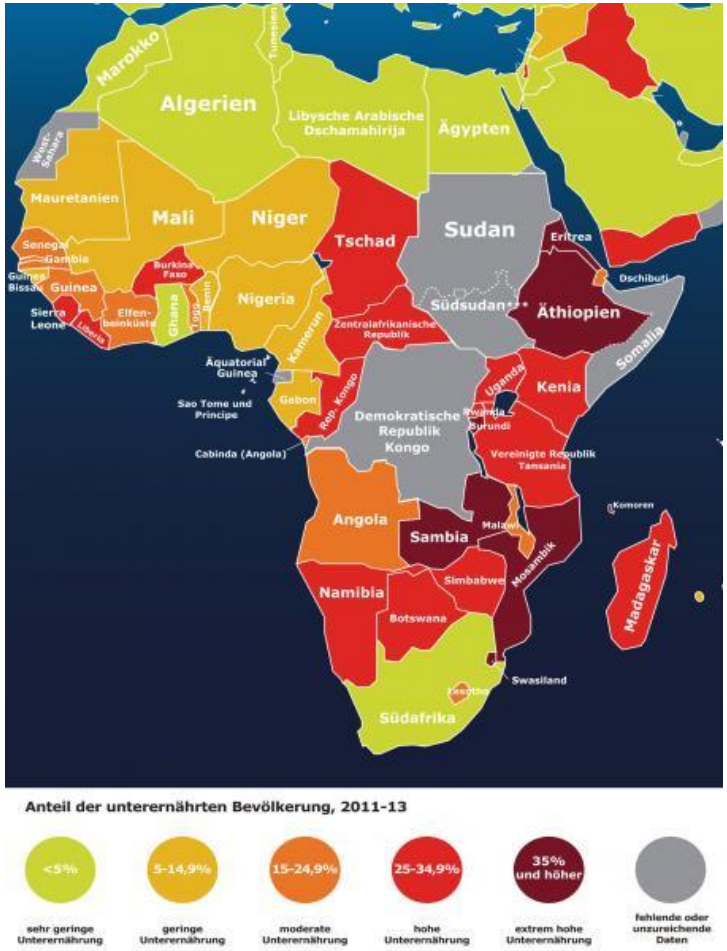
- ***Microbewässerung*** **durch Sprüh- und Tropfbewässerung (auch Unterflur)**

Quelle: Rainbird Produktkatalog, 2015

Das „Green-River Prinzip“ ist der *Unterflurbewässerung* (Microbewässerung) zuzuordnen!

Ernährungssituation in Afrika

- Einseitige Ernährung mit getreide- und stärkehaltigen Lebensmitteln führt sehr häufig zu Erkrankungen in ländlichen Regionen
- Obst und Gemüse sind eine effiziente Quelle für Mikronährstoffe, unerlässlich für eine ausgewogene Ernährung
- Gemüseanbaumenge kann durch Bewässerung erhöht werden, da der Wasserbedarf der Pflanzen i.d.R. nicht durch die natürlichen Niederschläge gedeckt wird



Quelle: WFP.org

Positive Aspekte der Bewässerung

- **Semiaride und subhumide Gebiete (130-500 mm Niederschlag) haben aufgrund der Saisonalität der Niederschläge hohen Bewässerungsbedarf bei ganzjährigem Anbau von Obst und Gemüse**
- **Der Anteil der bewässerten Flächen beträgt in Afrika beträgt knapp über 1%**
- **Lediglich 11% des Bewässerungspotentials werden genutzt (Beispiel Ostafrika)**
- **Bewässerung erfolgt zu 90 % mit Regenwasser**

Speicherung, Nutzung und ökonomische Verteilung von (Regen)wasser auf landwirtschaftlichen Flächen hat ein großes Zukunftspotential und ist von entscheidender Bedeutung für die Ernährungssicherung der Bevölkerung!

3. Aufgabe und Ziele des Feldversuches

- **Schaffung „arider Verhältnisse“ durch Standortwahl und Bodenaustausch**

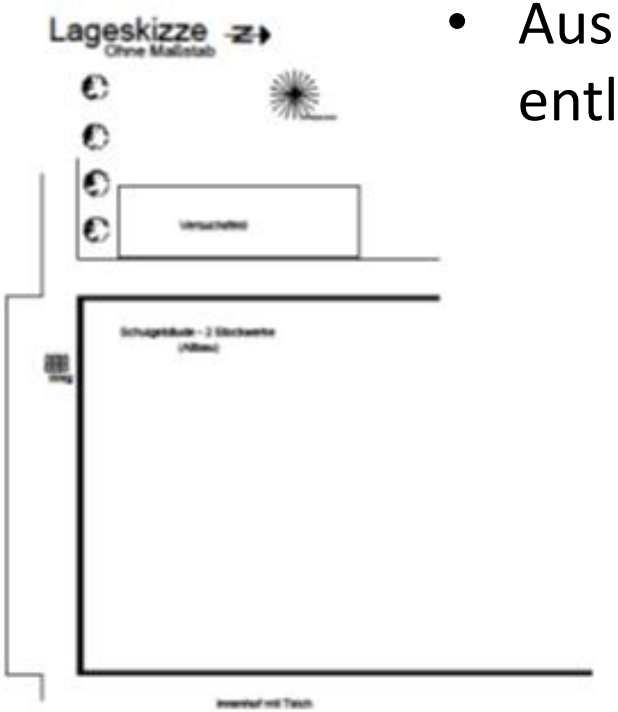
- **Vergleich einfacher, selbstentwickelter Unterflurbewässerungssyteme**
  PET Flaschen als Rohr („Green-River“ Prinzip)
  Naturmaterialien (ummantelte Zweige) als Rohr
  handelsübliches, perforiertes Wasserversorgungsrohr
  mit der Ausbringung mit der Gießkanne

- **Ermittlung des Wasserverbrauches für eine Pflanzung verschiedener Gemüsesorten**
- **Ermittlung der Wuchsergebnisse und des Ertrages**
- **Auswertung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse**

Möglichkeit der Übertragbarkeit auf Länder des globalen Südens!

4. Standort und Vorbereitungen

- Sonnige Südwestlage auf dem Schulhof
- Trockener Standort mit Sandboden
- Auskoffern des Oberbodens ca. 30 cm stark entlang des Weges (ca.10x5 m)



5. Durchführung

Präsentation des Vorhabens im Klassenraum

Herr Korrmann (e-wind) stellt das Projekt vor

Landesstellenteilnehmer und Interessierte Kolleginnen und Kollegen

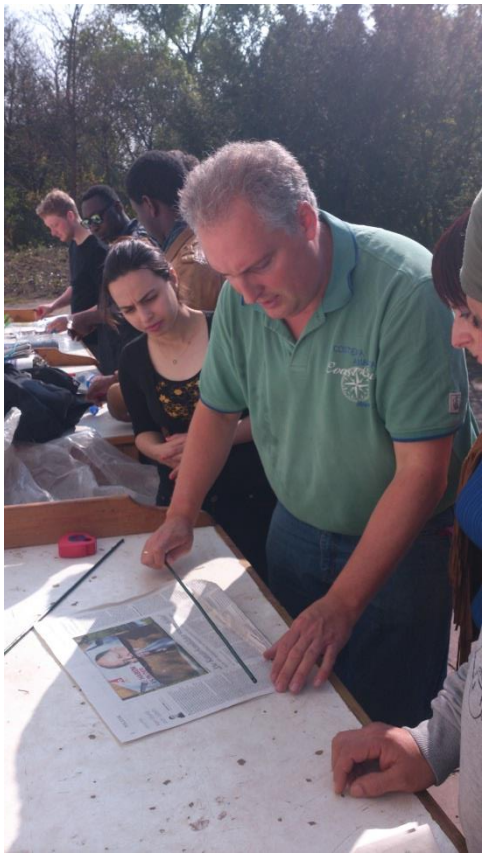
Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

Bau des Bewässerungsrohres aus PET-Flaschen

Zusammenstecken der Flaschen,
Stabilisierung und Perforierung

Einrollen der Flaschen
mit Folie und Zeitungspapier

Herstellung der Dochte aus aufgerollter Zeitung

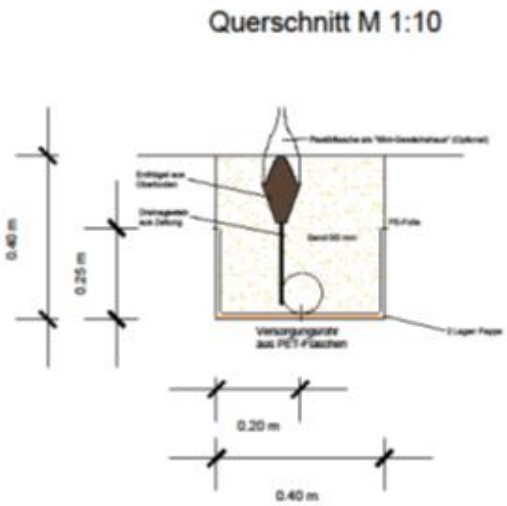


- Stab aus Kunststoff oder Holz als Schablone
- Dochtlänge ca. 40 cm, D= 5-10 mm

Grabenaushub und Planum der Rohrsohle

- Sohlentiefe ca. 40 cm
- Waagerechte Rohrsohle zur optimalen Verteilung des Wassers im späteren Rohr

Einlegen der Untergrundfolie in den Graben



- Einfache PE-Folie mit ca. 1 m Breite (Ränder hochgeklappt)
- Verhinderung der flächigen Versickerung des Wassers

Vorbereitung der Rohrleitung

- PET Flachen zusammenstecken, stabilisieren und umlaufend perforieren
- Folie ausrollen und fixieren

Bewässerungsrohr herstellen

- Folie mit Zeitungspapier flächig auslegen
- Papier befeuchten
- Boden dünn aufbringen
- Rohr einwickeln

Bewässerungsrohr einlegen

- Gemeinschaftlicher Transport der 10 m Leitung zum Standort
- Verlegung auf einer 2-3 cm starken Sandausgleichschicht

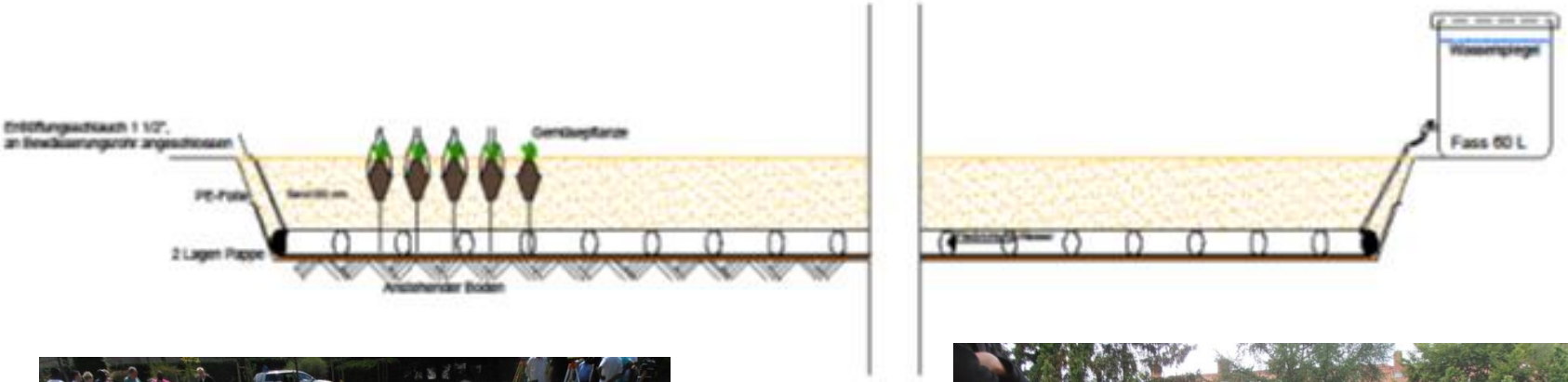
Höhenkontrolle der Leitung

- Kontrolle auf waagerechte Lage mittels Nivelliergerät und Rotationslaser

Verfüllen des ersten Rohrgrabens mit Sand

- Rohranschluß mit einem ¾ -Zoll Schlauch zur späteren Befüllung
- Fixierung des Rohres durch Verfüllung mit Sand 0/2 mm

Längsschnitt Versuchsaufbau

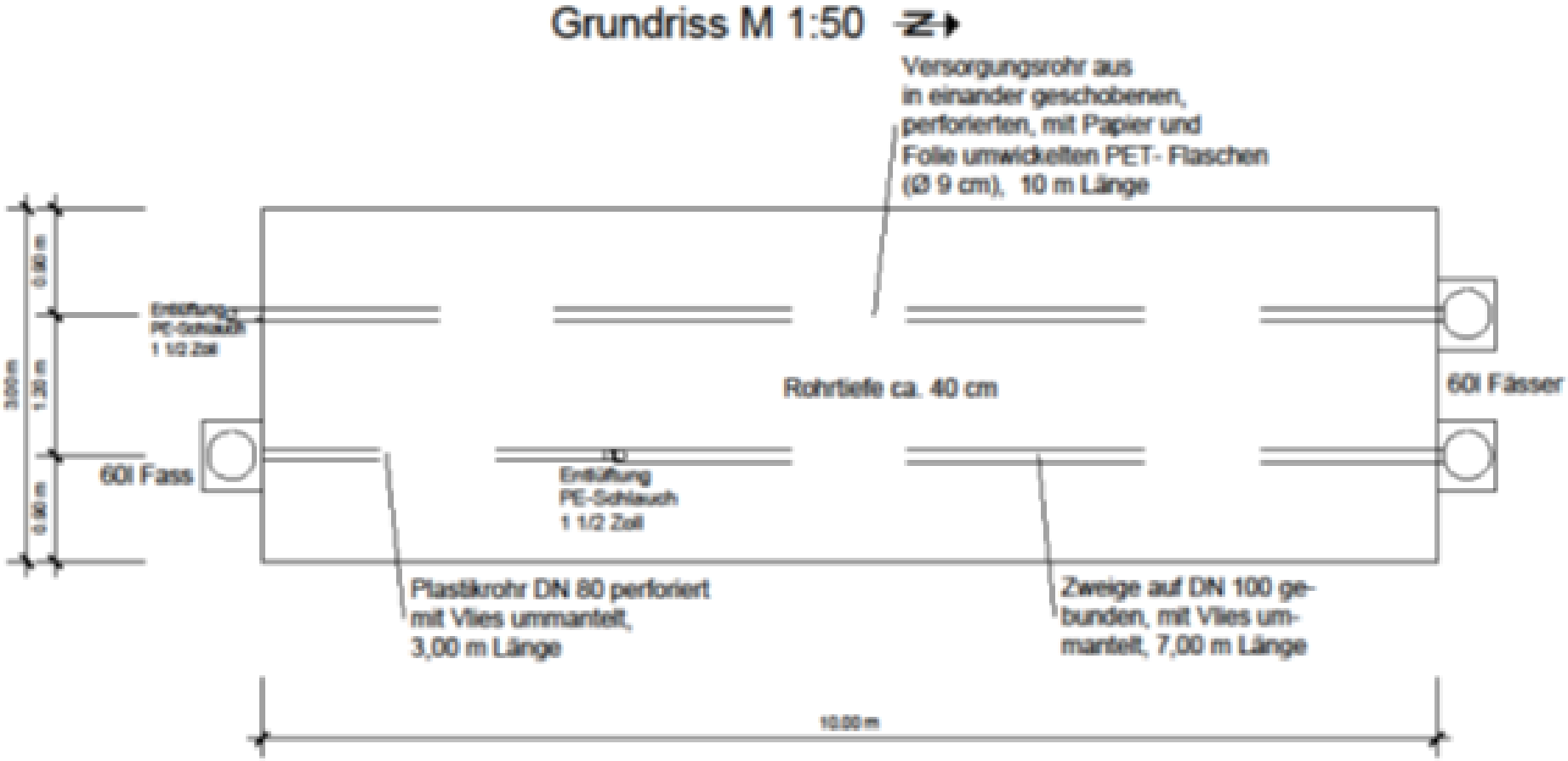


Einbau der Oberbodenpflanzkegel

- Anlage der Oberbodenpflanzkegel im Sand (ca. 5-10 l)
- Paralleler Einbau des Dochte aus Zeitungspapier
- „Schablonen“ nach Sandverfüllung entfernen

Restliche Verfüllung des Grabens mit Sand

Übersicht der Versuchsfläche



Herstellen des „Rohres“ aus Zweigen

- Zweige aus Weide (mit ca. 1-2 cm Stärke und 3-5 m Länge)
- Bündelung und Bindung als Faschine

„Bewässerungsrohr“ aus Weidenzweigen

- Umwicklung der Weidenfaschine mit Zeitungspapier und Folie (D= 8-10 cm)

Verlegte „Weidenrohrleitung“

- Rohr mit ¾-Zoll Schlauch als Zulauf und Entlüftung

Bewässerungsrohr aus Kunststoff

- Gleichmäßige , umlaufende Perforierung des PE-Wasserrohr DN 80 (Löcher ca. 10 mm)

Rohrummantelung mit Vlies

- Ummantelung mit einfachem Vlies (ca. 100 g/ ²)
- Verlegung im vorbereiteten Graben

Verfüllung des zweiten Grabens

- Auffüllung des Rohrgrabens mit Sand
- Auffüllung des Zwischenraumes mit vorhandenem Sandboden

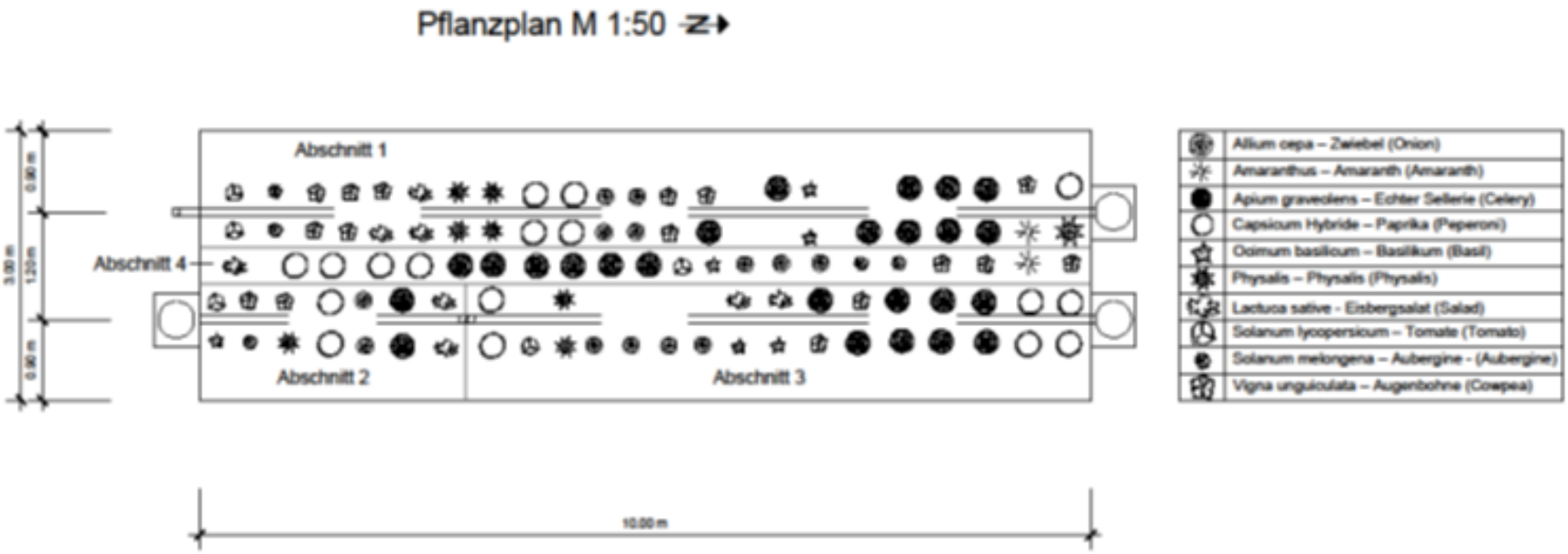
Einbau der Oberbodenpflanzkegel

- Einbau des Oberbodens und der Dochte für das Weidenrohr und Kunststoffrohr

Bepflanzung der Versuchsfläche

- Gemüsepflanzen aus eigener Anzucht
- gleiche Arten oberhalb der Rohrabschnitte

Pflanzplan für die Versuchsfläche



- Abschnitte 1-3 mit zehn verschiedene Gemüsearten
- Abschnitt 4 zwischen den Rohrgräben zur manuellen Bewässerung

Gemeinsame Pflanzung

- Gleichmäßige Verteilung der Pflanzen
- Setzen in den Oberbodenkegel neben den Docht

Wässerung der Neupflanzung

- Angießen der Einzelpflanzen mit dem Schlauch
- Anschluss der Wasserfässer (60 l) zur erstmaligen Befüllung der Rohrleitungen

Pflanzung im Mai 2015

Pflanzung im Juni 2015

Pflanzung im August 2015

Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

6. Auswertung des Feldversuches

(Marisa Heyerhorst, HU Berlin)

Bachelorarbeit im Studiengang Agrarwirtschaft an der HU Berlin:

„Bewertung einer Low Cost und Low Tech Mikrobewässerung“

(Zeitraum vom 22.06. bis 30.09.2015)

Erstbetreuer: PD DR. Frank Riesbeck FG Pflanzenernährung, Ökologie der Ressourcennutzung

Zweitbetreuerin: Dr. Silke Stöber, Seminar für Ländliche Entwicklung

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

SLE

Klimadaten

- Temperatur- und Niederschlagswerte aus Berlin-Dahlem (Klimastation, ca. 4 km)
- Durchschnittstemperatur lag im Zeitraum von Juni bis September 2015 um ca. 3,4 Grad über dem langjährigen Mittel
- Niederschlagsmenge lag mit 189,9 mm nahezu 80 mm unter dem langjährigen Mittel (eigene Messdaten am Versuchsfeld mit 140 mm)
- Extreme Werte im August hinsichtlich Niederschlagsmenge und Temperatur
- Bodenfeuchtigkeit schwankte zwischen 185 und 215 hPA (Messung in 20 cm Tiefe)

Regenmesser zur
Messung der Niederschläge

Tensiometer zur
Messung der Bodenfeuchte

Wasserverbrauch (Füllung)

Die Rohre wurden nach der Fertigstellung *einmal* komplett mit Wasser gefüllt. Volumina der jeweiligen Systeme:

- **PET Flaschen ca. 250 l (25 l pro m)**
- **Weidenzweige ca. 105 l (15 l pro m)**
  (*bei fiktiver Annahme von 50% des Volumens*)
- **Perforiertes Rohr ca. 34 l (11 l pro m)**

Wasserverbrauch während des Untersuchungszeitraumes

- **PET- Flachen einmal mit 45 l befüllt (gesamt: 295 l, 4,5 l pro m)**
- **Weidenzweige 48 l befüllt (gesamt: 153 l, 7 l pro m)**
- **Perforiertes Rohr mit 101 l befüllt (gesamt: 135 l, 33 l pro m)**

- **Gießkanne (gesamt: 222 l, 22 l pro m)**

(zuzüglich der natürlicher Niederschlagsmenge von ca.190 mm/m²)

Die Wasserpreise wurden in der späteren Kalkulation (Kosten-Nutzen Rechnung) mit berücksichtigt !

Exkurs: Vergleich mit Tröpfchenbewässerung

Wasserverbrauch (Annahme mit 1 bar Druck):

- **„Dripline“, Durchmesser 6 mm (Fa. Rainbird) und 15 cm Tropferabstand , 3,8 l/m/h**
  alternativ
- **Einbau von Tropfern (Fa. Rainbird) in eine Verbindungsleitung, Durchmesser 5,7 mm, min. 1,9 l pro Tropfer/h**

Verbrauch (geschätzt, Intervalle wie beim Gießen):

- **10 m x 3,8 l x 16 Durchg. = 608 l**
- **20 Tropfer (5 Stk/m) x 1,9 l x 16 Durchg. = 608 l**

Bei einer Bewässerungsdauer von angenommenen 15 Minuten pro Durchgang wären ca. 150 l Wasser verbraucht worden!

Investitionskosten (Material)

Materialkosten des PET-Bewässerungssystems Material	Preis [€]
PET-Flaschen (1,5 l), ca. 50 Stk.	20,00
PE-Folie als Grabeneinlage, ca. 10 m²	5,00
PE-Folie zur Rohrummantelung „Malerfolie“, ca. 50 m²	3,00
Zeitungspapier zu Rohrummantelung, ca. 50 m²	0,00 (Altpapier)
Zeitungspapier für Drainagestäbe	0,00 (Altpapier)
Pappe als Folienunterlage	0,00 (Altpapier)
Pflanzkegel aus Oberboden, ca. 97 l	0,00 (vorhanden)
1 ½´´ PE-Schlauch, Verbindung zum Wasserfass und Entlüftung, ca. 4 m	10,40
Wasserfass, 60 l, Auslasshahn, Schlauchschelle	31,09
Summe	69,49

Anmerkung:
Preis in der Tabelle für *gekaufte* PET Flaschen angesetzt!
(Quelle: Heyerhorst)

Vergleich der Gesamtmaterialkosten:

PET Flaschen	**49,49 €**
Weidenzweige	**49,19 €**
PE Rohre	**47,74 €**

Die Kosten für das PET-System liegen bei 4,95 € pro Meter!
(Weidenzweige 7,03 €, PE Rohre 15,41 €)

Investitionskosten (Arbeitszeit)

- **Die Herstellung des Rohres aus den PET-Flaschen (WZ, PR), der Grabenaushub, das Einlegen der Folien, der Einbau des Rohres, Anschluss der Fässer und die Verfüllung erfordert viele Zeit**
- **Die Arbeitszeit für die Umsetzung des Projektes kann grob mit drei Tagen angesetzt werden (ca. 15-20 Stunden)**
- **Insgesamt waren ca. zehn TeilnehmerInnen mit der Herstellung beschäftigt (ca. 150-200 Gesamtstunden)**

Bei gut geplanter Vorbereitung und Durchführung kann der Zeitansatz erheblich reduziert werden!

Unterhaltungskosten(Bewässerungszeiten)

Das Auffüllen der Fässer führte zu folgenden Zeiten:

- **Perforiertes Rohr 2 Minuten pro Durchgang (gesamt 6 Minuten)**
- **Weidenzweige 3 Minuten (gesamt 9 Minuten)**
- **PET Flaschen 5 Minuten (gesamt 15 Minuten)**
- **Gießkanne 3 Minuten (gesamt 48 Minuten)**

Das zeitliche (und finanzielle) Einsparpotential ist bei den verschiedenen Unterflurbewässerungen sehr groß ggü. der Wasserausbringung mit der Gießkanne (33 bis 42 Minuten)!

Pflanzenentwicklung und Erträge

- **Sehr unterschiedliche Werte bei den angebauten Pflanzen,**
- **Physalis Erträge waren besonders niedrig, hohe Erträge an Tomaten**
- ***Pflanzenparameter* (Höhe, Breite, Blattanzahl) bester Wert mit Gießkanne (GK)**
- ***Blatttrockenmasse* bester Wert für das perforiertes Rohr (PR)**
- ***Ertragsparameter* (Anzahl Früchte, Erntegewicht) bester Wert mit PET Rohr**

Allgemeine Reihenfolge im Vergleich der Bewässerungssysteme:

PET > WZ = PR > GK

Grundsätzlich liegen die Erntemengen unter dem im Freiland angenommenen Durchschnittserträgen !

(Gründe: Pflanzabstände, Boden, Düngung u.a.)

Tabelle: Kosten und Nutzen von 4 Bewässerungssystemen auf einer Fläche von 100 m²

A. Aufwand	**PET**	**WZ**	**PR**	**GK**
Material	1.579,32	2.235,91	4.774,00	3,95
Saatgut*	34,93	47,70	46,34	50,26
Arbeit Aufbau	5.775,34	6.050,36	8.470,50	2.566,82
Fahrt Bewässerung	7,38	7,38	7,38	34,44
Arbeit Bewässerung	48,30	45,54	85,00	309,09
Wasser	72,95	158,2	721,00	720,45
Gesamtaufwand	**7.518,22**	**8.545,09**	**14.104,22**	**3.685,01 €**
B. Nutzen				
Erlös Gemüseverkauf**	9.697,53	8.696,33	6.935,5	3.797,38
Gesamtnutzen	**9.697,53**	**8.696,33**	**6.935,5**	**3.797,38**
C. Saldo aus Nutzen und Kosten	**2.179,31**	**151,24**	**-7.168,72**	**112,37**

(Angaben in Euro; * Saatgutpreise laut www.samenhaus.de, **aktuelle Wochenmarktpreise vom 19.07.2016)

Ergebnis der Kosten-Nutzen-Rechnung

- **Übertagung der Ergebnisse auf eine 100 m² Fläche für einen Systemvergleich**
- **Haltbarkeit der unterirdischen Systeme nicht prüfbar**
- **Aufwand für Bewässerung ist bei allen drei Verfahren im Vergleich zur Gießkannenbewässerung gering**
- **Anfängliche hohe Aufwandskosten durch Einbau (vorrangig Zeitaufwand) stehen geringeren Unterhaltungskosten gegenüber**

Verhältnis von Aufwand und Ertrag beim PET-System am günstigsten und folglich für die Bewässerung von Gemüse sehr gut besten geeignet!

7. Versuchsaufbau gemäß Bundessortenamt

Wissenschaftlicher Versuchsaufbau für Gemüseanbau müsste folgenden Vorgaben berücksichtigen:

- **Vierfache Wiederholung der Versuche**
- **50 bis 100 Pflanzen pro Versuchseinheit**
- **Vorgegebene individuelle Pflanzabstände**
- **Mindestens 5-10 m² große Teilflächen für einzelne Versuchspflanzen**
- **unbewässerte und „High-Tech“ Bewässerungssystemen Varianten als Vergleich**

Durchgeführter Feldversuch ist mit einem wissenschaftlich angelegtem Versuch von gartenbaulichen Versuchsanstalten nur bedingt vergleichbar!

Probleme vor bzw. während der Durchführung

- **Schwächung einzelner Pflanzen durch Umpflanzung Ende Mai 2016**
- **Weidenzweige haben nach einer Zeit kein Wasser mehr aufgenommen (Quellung)**
- **Geringer Abstand der Reihen können zu zusätzlichen Bewässerung der Unterflursysteme durch Gießwasser geführt haben**
- **Abdichtung des Untergrundes mittels einer Folie erscheint fragwürdig bei Starkregenereignissen (Absterben der Wurzeln durch Sauerstoffmangel)**
- **Ausbleibende Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen haben den Ertrag reduziert**
- **Semiaride Klimaverhältnisse hätten durch Folienabdeckung simuliert werden können (Niederschlagsmenge würde reduziert)**

Fazit:

Versuche müssten unter wissenschaftlicheren Bedingungen und optimierten Verhältnissen mehrmals wiederholt werden!

8. Exkurs: Umsetzung in Kenia 2015/16

Praxisversuch in Kenia unter Federführung des SLE an der HU Berlin

Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

Bau der Rohre aus alten PET-Flaschen

Durchführung Lukas Zahl
(Seminar für ländliche Entwicklung (SLE) an der HU Berlin)

Ummantelung des Rohres mit Zeitungspapier und Folie

Anschluss der Wassertonnen

9. Ausblick

- **Ergebnisse des Feldversuch können erste Aussagen bzw. Tendenzen über die Anwendbarkeit des „Green River Prinzips“ treffen**
- **Übertragung auf Länder des globalen Südens erscheint aus ökonomischen und „ökologischen“ Gründen und der Erfahrungen aus Kenia sinnvoll**
- **Bewässerung nach diesem Verfahren bedeutet einen hohen Arbeitsaufwand, führt aber zu besten Ergebnissen hinsichtlich Pflanzenwachstum und Ernteerträgen**
- **Überprüfung auf Übertagbarkeit in die konventionelle Landwirtschaft Afrikas**
- **Welthungerhilfe prüft in Zusammenarbeit mit dem SLE einen größeren, langjährigen und wissenschaftlichen Versuch in Afrika**

Das „Green River Prinzip“ kann einen kleinen Beitrag zur Verbesserung der ganzjährigen Nahrungsmittelproduktion in Ländern des globalen Südens leisten!

10. Danksagung

Manfred Bombach

Lukas Zahl

Martin Rammensee

Petra Euteneuer

Volker Korrmann

Marisa Heyerhorst

LandesstellenteilnehmerInnen 2015/16
GärtnerInnen der P-L-S
Dr. Silke Stöber vom SLE

11. Quellen

Heyerhorst, Marisa: Bewertung einer Low Cost und Low Tech Mikrobewässerung, Berlin, 2016 (Bachelorarbeit an der HU Berlin)

Korrmann, Volker: Green River Prinzip, Berlin, 2014 (unveröffentlichtes Manuskript)

Zahl, Lucas: Green River Prinzip, Berlin, 2016 (Vortag an der Peter-Lenné-Schule)

Landesstelle
für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

Lernort mit Auszeichnung 2016

Weltaktionsprogramm
Bildung für nachhaltige Entwicklung

Deutsche UNESCO-Kommission
Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Bundesministerium für Bildung und Forschung

50 Jahre Landesstelle für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

Peter-Lenné-Schule
Oberstufenzentrum Natur und Umwelt

Peter-Lenné-Schule

Oberstufenzentrum Natur und Umwelt

Klaus Pellmann

Landesstelle für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern

an der

Peter-Lenné-Schule

Hartmannsweilerweg 29 14163 Berlin

Telefon: 030/81490-111/116

Fax: 030/81490-180

Mail: landesstelle.osz-agrar@web.de

Landesstelle

für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern