



DAS SAHEL-PROJEKT

SILIKATTECHNOLOGIE ZUR VERBESSERUNG
DER WASSERAUFNAHME UND NÄHRSTOFFSPEICHERFÄHIGKEIT
IN GRENZERTRAGSBÖDEN



PROJEKT

SILIKATISCHE WASSERSPEICHERTECHNOLOGIE FÜR SANDIGE BÖDEN IN DER SAHEL-ZONE

Der Sahel ist jene Zone, die sich entlang der Sahara-Südgrenze quer über den afrikanischen Kontinent zieht. Sie erstreckt sich von Westen nach Osten über eine Länge von etwa 4000 km und hat eine Breite von ca. 300 km. Zu den Sahelländern gehören Senegal, Mauretanien, Mali, Burkina Faso, Niger, Tschad und der Sudan. Jüngsten Schätzungen zufolge leben ungefähr 50 Millionen Menschen in diesem Gebiet.

Die größten Probleme im Sahel sind Wassermangel, Dürreperioden und eine zunehmende Desertifikation. Daraus resultieren u.a. Konflikte um die Ressourcennutzung und vielfach Migration. Landwirtschaft ist der größte ökonomische Faktor in den Sahelländern, wobei die Zentren landwirtschaftlicher Produktion im südlichen Sahel und an den

großen Flüssen, wie dem Senegalfluss zu finden sind. Klimatisch ist die Sahel-Zone geprägt von einer langen Trockenzeit, die zwischen 8 und 10 Monaten dauert, hohen Temperaturen und geringen Jahresniederschlägen. Regenfeldbau ist in dieser Region nur in den Monaten August bis Oktober möglich. Für den Bewässerungsfeldbau ist vor allem in der heißen Trockenzeit eine sehr intensive Bewässerung erforderlich. Erschwert wird der Anbau durch die niedrige Produktivität der Böden, die sich in einer reduzierten Wasseraufnahmefähigkeit, in einem geringen Humusgehalt und äußerst geringen Mengen von verfügbarem Stickstoff, Phosphor und anderen Nährstoffen ausdrückt. Durch die fortschreitende Desertifikation (verursacht durch klimatische und anthropogene Faktoren) gehen zudem Jahr für Jahr landwirtschaftliche Nutzflächen verloren.

Alle diese Faktoren bedingen eine drastisch verminderte landwirtschaftliche Produktivität in der Sahel-Region. Durch wachsende Bevölkerungszahlen besteht aber ein dringender Bedarf an der Produktion von Nahrungsmitteln.

Lösungsansätze für diese Problematik können neue Technologien zur Bodenverbesserung darstellen. Im Rahmen der Aktivitäten zu „Nachhaltig Wirtschaften“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und mit zwei FORNE-Projekten (FORschung für Nachhaltige Entwicklung) des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur wurde eine umfangreiche inter- und transdisziplinäre Forschungsinitiative zu diesem Thema durchgeführt.

Ausgangspunkt für das „Sahel-Projekt“ ist eine silikatische Wasserspeichertechnologie. Diese innovative Technologie wurde in der Staatlichen Versuchsanstalt – TGM, Baustoffe und Silikattechnik/Wien im Rahmen des Projekts hinsichtlich ihrer Anwendung weiterent-



wickelt und in der nördlichen Sahelregion im Senegal in zahlreichen Feldversuchen optimiert. Die Ergebnisse aus der Praxis wurden statistisch ausgewertet. (Projektleitung: Prof. Dr. Hugo Hubacek, Dr. Katharina Zwiauer).

Das in Österreich entwickelte wasser- und nährstoffspeichernde Substrat ist ein Bodenverbesserungsstoff, mit dessen Hilfe die Erträge im Gemüseanbau in der beschriebenen Region deutlich erhöht werden können. Im Laufe des Projekts konnte gezeigt werden, dass durch den Zusatz des neuen silikatischen Substrats die 8-fache Menge an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden gespeichert werden kann. Dadurch wird es möglich, auch in den beschriebenen problematischen Regionen, Bewässerungsfeldbau mit relativ kleinen Mengen Wasser zu betreiben.

Neben den technologischen Fragestellungen, war es eine Zielsetzung des Projekts, die vielfältigen Rahmenbedingungen für die Anwendung der neuen Technologie in der betroffenen Region zu untersuchen. Es zeigte sich, dass ethnologische und soziologische Fragestellungen sowie transdisziplinäre und transkulturelle Forschungsansätze wichtige Voraussetzungen für einen erfolgreichen Technologietransfer bilden.



Nachhaltige und zukunftsfähige Entwicklung ist für die österreichische Forschung und Entwicklung ein wichtiges Thema. Dabei haben langfristige und globale Aspekte einen wichtigen Stellenwert. Das vorliegende Projekt zeigt eindrucksvoll, dass österreichische Forschung und Technologieentwicklung maßgeblich zur Lösung von Problemen in anderen Klimazonen beitragen kann. Es wurde im Rahmen der Kooperation für Forschung für nachhaltige Entwicklung vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie finanziert.



TECHNOLOGIEENTWICKLUNG UND ERGEBNISSE DER FELDVERSUCHE

■ Zielsetzung der Forschungsarbeiten war es, ein Substrat zu entwickeln, mit dessen Hilfe in sehr trockenen Böden Wasser gespeichert und den Pflanzen zur Verfügung gestellt werden kann. Zusätzlich erhöht sich die Nährstoffspeicherfähigkeit des Bodens. So ist es möglich, den Ertrag auch in sandigen Böden mit niedriger Produktivität erheblich zu steigern. Von Beginn an wurde die Technologie für den Einsatz in Trockengebieten entwickelt; sie eignet sich aber auch für andere Anwendungen (z.B. trockene Böden in Europa, Wein- und Obstbau).

DAS FUNKTIONSPRINZIP

Physikalisch kann man generell zwei Arten von Böden unterscheiden: Sandböden können kein Wasser aufnehmen, haben aber ein hohes Luftporenvolumen. Eine ausreichende Durchlüftung des Bodens ist für die Keimung, das Wurzelwachstum und für die Mikroorganismen notwendig. In Lehm- oder Tonböden hingegen wird Wasser kapillar angezogen, was zu einer hohen Wasserspeicherung führt. Allerdings ist hier das Luftporenvolumen sehr gering. Zielsetzung der technologischen Entwicklung war es, einen Bodenverbesserungsstoff zu finden, der in sandigen Böden ein optimales Wasser-Luft-Verhältnis herstellt.

Das neu entwickelte silikatische Substrat kann extrem viel Wasser speichern, es quillt um einige 1000 Masseprozent auf. Die Wasseraufnahme erfolgt aber nicht

kapillar sondern punktuell. Das bedeutet, dass das Wasser von den sehr kleinen Substrat-Teilchen gehalten wird und sich nicht über Kanäle im Boden verteilt, wodurch auch das Luftporenvolumen in großem Maße erhalten bleibt.

Rund um die wasserspeichernden Substrat-Teilchen werden drei Kräfte wirksam:

- die Gravitationskraft (d.h. das Wasser will wegrinnen)
- die elektrostatische Oberflächenkraft der Substrat-Teilchen (d.h. das Wasser wird an der Oberfläche gehalten)
- die Saugspannung der Wurzeln (d.h. das Wasser wird von der Pflanze in die eigenen Zellen gezogen)

Die Rezeptur des wasserspeichernden Substrats wird auf dieses Kräfteverhältnis eingestellt. Bei seinem Einsatz im Boden rinnt wenig Wasser weg, da die Substrat-Teilchen das Wasser anziehen. Diese Anziehungskraft ist aber so dimensioniert, dass die Saugkraft der Pflanze noch stark genug ist, um genügend Wasser aufzunehmen (pflanzenverfügbarer Wasseranteil).

LABORTESTS

Die Wirkung des wasserspeichernden Substrats wurde nicht nur durch die Feldversuche und die untersuchten Bodenproben aus der Region belegt, sie konnte auch im Labor mittels des „pF-Wertes“ bestätigt werden. Bei diesem Laborversuch wird ein Pflanzensubstrat mit Wasser gesättigt und ein



Auberginen Versuchsanbau

negativer Druck (Saugspannung) angelegt. Gemessen wird, wie viel Wasser bei welcher zugesetzten Menge an Silikatpulver in einem Druckbereich von 60 bis 3000 hPa wieder herausgezogen wird. In diesem Druckbereich sind Pflanzen in der Lage, dem Boden Wasser zu entnehmen. In den Labortests konnte nachgewiesen werden, dass der pflanzenverfügbare Wasseranteil des Bodens um das 8-fache gegenüber dem gleichen Substrat ohne Silikattechnologie gesteigert werden kann.

Die **Grafik** zeigt das Verhältnis von zugesetzter Menge an Silikatpulver zur abgegebenen Wassermenge in diesem Druckbereich. (Silikat ist angegeben in Gramm/pro Liter Pflanzensubstrat). Somit kann die Menge an silikatischem Substrat bezogen auf die jeweilige Bodensituation ermittelt werden, die eingesetzt werden sollte, um die optimale Wasserentnahme durch die Pflanze zu erreichen.

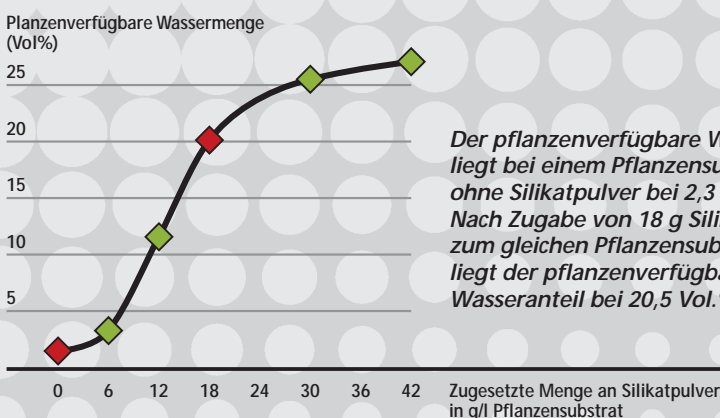
ERGEBNISSE AUS DEN VERSUCHSREIHEN

Die Projektlaufzeit betrug insgesamt vier Jahre. In dieser Zeit wurden in den beiden Versuchsorten jeweils vier mehrmonatige Feldversuche durchgeführt.

Dabei standen folgende Forschungsfragen im Zentrum der Untersuchung:

- Wie wirkt sich das wasserspeichernde Substrat in Abhängigkeit von Gießwassermengen und Düngemittelverbrauch auf den Ertrag aus?
- Inwieweit können Ertragsverluste, die durch Salzstress verursacht werden, durch den Einsatz der Silikattechnologie vermieden werden?
- Bei welchen Anwendungen (Feldbau, Aufforstungen, Fruchtbäume) und Pflanzenarten kann das Substrat eingesetzt werden?

Verhältnis von zugesetzter Menge an Silikatpulver zur abgegebenen Wassermenge





tumsraten führt und Fruchtbäume wie etwa Cashew wesentlich früher die Ertragsphase erreichen können.

Zahlreiche Bodenanalysen belegen, dass sich beim Einsatz des silikatischen Substrats neben der Wasseraufnahme auch die Nährstoffspeicherfähigkeit verbessert:

- Die Verfügbarkeit von Kalium, Phosphor und anderen Nährsalzen wird deutlich verbessert.
- Nährstoffe aus dem Dünger werden besser gehalten.
- Die Kationenaustauschkapazität (KAK) wird verbessert.

Neben der Anwendung der neuen Technologie wurden im Laufe des Projekts auch viele weitere Anbaufragen mit den Dorfgruppen disku-

- In welchen Anbausituationen ist die Anwendung wirtschaftlich sinnvoll?
- Wie lässt sich Gemüseanbau und die Anwendung der Technologie in die Arbeitsorganisation von Viehzüchtern integrieren?

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Trägermaterialien für das silikatische Substrat sowie Misch- und Siebvarianten in Österreich getestet und auch Versuche mit Materialien aus der Region durchgeführt. Allerdings gab es bei den AnwenderInnen aufgrund der grobkörnigen Zusammensetzung des Trägermaterials Widerstände. Man wehrte sich dagegen, „Steine“ in den Boden einzuarbeiten. Schließlich wurde ein adaptiertes Pulver mit Sand in einem bestimmten Verhältnis gemischt und diese Mischung in den Boden eingearbeitet. Diese einfache Methode bewährte sich in der Praxis und wurde auch von den AnwenderInnen akzeptiert.

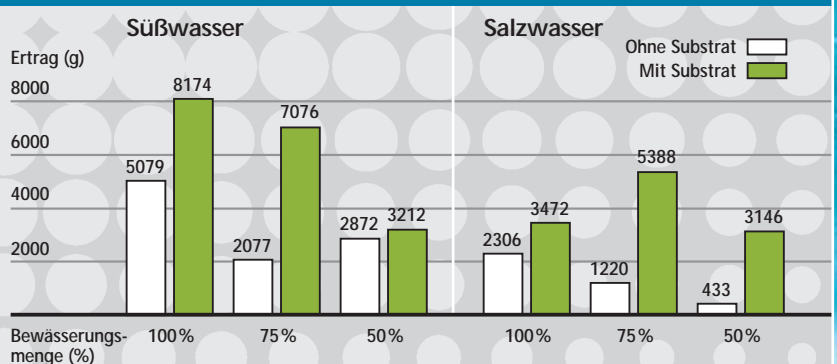
Bei der Auswahl der Versuchspflanzen wurde auf die Wünsche der Dorfgruppe sowie auf die jeweilige Jahreszeit Rücksicht genommen. Rund 15 verschiedene Kulturpflanzen, wie Tomaten, Bohnen, Rüben, Auberginen, Mais etc., aber auch lokale Kulturpflanzen wie z.B. Bissap wurden angepflanzt. Die Anbauergebnisse wurden dokumentiert und statistisch ausgewertet. Es zeigte sich im Rahmen der Feldversuche, dass das wasserspeichernde Substrat bei nahezu allen Pflanzenarten eingesetzt werden kann.

In den verschiedenen Versuchsreihen wurden Gießwassermengen, Dünge-

mitteleinsatz, Wasserqualität (salzbelastetes Wasser und Flusswasser), Pflanztechniken, sowie die Mengen des silikatischen Substrats variiert. In den Kontrollgruppen wurde bei jeweils gleichen Bedingungen kein silikatisches Substrat eingesetzt. Die bisher erzielten Ergebnisse zeigen insgesamt, dass in Situationen, in denen Ertragsverluste aufgrund

Quelle: Vienna Knowledge Net

Ertragssteigerungen bei Jaxatu mit dem silikatischen Substrat bei Feldversuchen in Ourourbe



Die Versuche haben gezeigt, dass mit Hilfe der Silikatechnologie unter den gegebenen Bedingungen salztolerante bzw. mäßig salztolerante Nutzpflanzen auch mit leicht salzhaltigem Wasser (3,2 mS/cm; SAR: 26) ohne Ertragsseinbußen bewässert werden können.

von Wassermangel, schlechter Wasserqualität, verminderter Vitalität der Pflanzen, Windbelastungen etc. zu erwarten sind, die neue Technologie zu höheren Erträgen führt. So konnten z.B. in Ourourbe, wo die ökologischen Rahmenbedingungen sehr ungünstig sind, mit dem Substrat teilweise Ertragssteigerungen von 100–200 % gegenüber der Kontrollgruppe erzielt werden.

Die bisherigen Auswertungen bei den Holzgewächsen zeigen, dass das Silikatsubstrat in der Regel zu höheren Wachs-

tiert. Zwischen den ForscherInnen und der Bevölkerung kam es zu einem wichtigen Wissensaustausch über geeignete Anbautechniken. Die ProjektteilnehmerInnen vor Ort konnten während dieses Prozesses auch neue Kompetenzen hinsichtlich effizienteren Techniken zur Bodenbearbeitung und Bewässerung, bodenverbessernden Massnahmen und bedarfsgerechter Anwendung von Düngemitteln erwerben.

RAHMENBEDINGUNGEN FÜR EINE ERFOLGREICHE UMSETZUNG

■ Um zu gewährleisten, dass die neue Technologie von der Bevölkerung in den betroffenen Regionen auch längerfristig angenommen und sinnvoll genutzt werden kann, mussten die speziellen gesellschaftlichen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Strukturen analysiert und einbezogen werden. Möglichkeiten zur Mitgestaltung und Mitsprache der ProjektpartnerInnen vor Ort und die Anpassung der Technologie an die speziellen Bedürfnisse der Betroffenen waren notwendig, um Akzeptanz zu erreichen und langfristige Erfolge zu erzielen. Im Rahmen des Projekts wurden neben der Optimierung der Technologie daher auch soziologische und ethnologische Forschungsfragen untersucht.

Die Feldforschung wurde in zwei Dörfern im nördlichen Senegal durchgeführt:

In **Mbakhana**, das im westlichen Flussgebiet nahe zu Saint Louis liegt, lebt ein Großteil der Bevölkerung vom Gemüseanbau. Sie produzieren in Familiengärten vorwiegend für den lokalen Markt und den Eigenbedarf. Der Wunsch dieser Familien – vor allem der Frauen – ist es, auch auf den Sanddünen etwas abseits vom Fluss Gemüse anzubauen, weil diese Flächen nahe zum Dorf liegen und vergleichsweise leicht bewässert werden können. Die Bodenfruchtbarkeit, vor allem aber die Wasserspeicherfähigkeit der Böden ist jedoch sehr gering.

In **Ourourbe**, das am Rand der Ferlo-Halbwüste liegt, wurde mit Nomadenfrauen gearbeitet. In dieser Region leben **Fulbe**, eine Bevölkerungsgruppe, die traditionell von der Viehzucht lebt und bislang kaum Bezug zu landwirtschaftlichen Anbautechniken hatte. In Ferlo ist die Wasserknappheit besonders ausgeprägt. Die Situation wird zudem durch die schlechte Wasserqualität vieler Brunnen verschärft. Die ursprüngliche Vegetation ist weitgehend verschwunden. Dies führt dazu, dass die Menschen ihre Tiere kaum noch versorgen können bzw. die Vegetationsreste einem besonders hohen Beweidungsdruck ausgesetzt sind. Aufgrund dieser Situation entstand



bei den Frauen der Wunsch, sich mit Gemüseanbau eine zweite Einkommensquelle zu schaffen. In beiden Versuchsorten ist die landwirtschaftliche Produktivität gering: Trockenheit, variable Niederschläge, geringer Nährstoffgehalt des Bodens, Wind sowie hoher Schädlingsbefall sind die wesentlichen Probleme. Für beide Bevölkerungsgruppen könnte sich durch eine Steigerung des landwirtschaftlichen Ertrags die Einkommens- und Ernährungssituation nachhaltig verbessern.

In der Zusammenarbeit mit den MitarbeiterInnen in Ourourbe zeigte sich, dass bei dieser Gruppe vor allem das **Prinzip des Gemeinschaftseigentums** ein wesentlicher Faktor ist, der berücksichtigt werden muss. Die Menschen agieren im Rahmen weitverzweigter verwandtschaftlicher Netze, die auch benachbarte Dörfer und weit entfernte Familienmitglieder umfassen. Innerhalb dieser sozialen Gemeinschaft unterstützt man sich gegenseitig und teilt jeden erwirtschafteten Ertrag. Auch wenn diese Praxis des Aufteilens unserer wirtschaftlichen Denkweise widerspricht, ist das Beibehalten dieser sozialen Organisation in der gegebenen Situation unbedingt notwendig. Ebenso spielen die **hierarchischen Strukturen** in der jeweiligen Gemeinschaft (z.B. alt-jung, Mann-Frau) eine wesentliche Rolle, da sie vor allem für Entscheidungsfindungen und für die Akzeptanz der neuen

Technologie relevant sind. Weiters mussten vor allem in Ourourbe die spezifischen **Zeitabläufe** und die alltägliche **Arbeitsorganisation** der Bevölkerung berücksichtigt werden.

Bei den Nomadenfrauen war die Zeiteinteilung ein wesentliches Problem. Es wurde daher eine Gruppe eingeschult, die ihr Wissen dann an andere Frauen weitergab. In der Folge betreuten so die jeweils anwesenden Frauen den Garten. Durch diese Art der Arbeitsorganisation war eine Vielzahl von Frauen in die Betreuung des Gartens eingebunden und identifizierte sich daher auch mit dieser neuen Produktionsform und sie konnten ihre gewohnten Wanderzyklen beibehalten.

In Mbakhana, wo fast alle Familien Gemüseanbau betreiben, gab es zu Beginn des Projekts **Widerstände gegen die Anwendung der neuen Technologie**. Es kam in der Folge aber zu vielen konstruktiven Diskussionen und einem regen Erfahrungsaustausch über die verschiedenen Anbautechniken. So erhielt das Projektteam wichtige Informationen und konnte die Technologie an die speziellen Bedürfnisse der NutzerInnen anpassen. Die entwickelte Methode, Silikatsubstrat mit Sand zu mischen wurde schließlich von allen ProjektpartnerInnen übernommen.

ERSCHLISSUNG INTERESSANTER ANWENDUNGSPOTENTIALIALE

Die bislang erzielten Ergebnisse sind mehrfach vielversprechend und bestätigen vielfache Anwendungsmöglichkeiten in Trockengebieten, sei es in Afrika, Indien oder im Nahen Osten. Der technologische Optimierungsprozess ist weitgehend abgeschlossen und ergibt ein leicht anwendbares wasser- und nährstoffspeicherndes Substrat, das die Erträge bei Gemüseanbau in Trockengebieten wesentlich erhöhen kann. Zudem kann diese Silikat-Technologie bei Gehölzen, sei es bei Aufzuchtungen oder Fruchtbäumen, zu einer Produktivitätssteigerung (höhere Wachstumsraten, frühere Ertragsphasen) führen. Die Anwendungsmethode ist sehr einfach, ähnlich der Einbringung von Düngemittel und kann daher vor Ort auch von den Dorfbewohnern leicht durchgeführt werden.

Aber auch in Europa, Kanada und den USA ergeben sich Einsatzmöglichkeiten in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, die von Wasserknappheit, Bodendegradation oder auch von sekundärer Versalzung der Böden betroffen sind.

Aufgrund der äußerst vielversprechenden Resultate im Anwendungsbereich „Bewässerung mit salzbelastetem Wasser“ ist eine Reihe von Feldversuchen



vorgesehen. Der Bedarf an Lösungsansätzen zu dieser Fragestellung ist besonders hoch, zumal in ariden Gebieten die Verschlechterung von Wasserqualität und die sekundäre Versalzung der Böden dramatisch zunehmen.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse und einer sozialwissenschaftlichen Evaluierung ist weiters vorgesehen, diesen Ansatz gemeinsam mit Partnerorganisationen vor Ort in bestehende internationale Programme, beispielsweise in jene der FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) oder in das „Global Environment Facility Program (GEF)“ der Weltbank zu integrieren und damit zu einer erfolgreichen Umsetzung zu führen.

PROJEKTPARTNER/INNEN

Projektleitung

Prof. Dr. Hugo Hubacek,
Dr. Katharina Zwiauer

Projektteam

Prof. Dr. Hugo Hubacek,
Dr. Katharina Zwiauer,
DI (FH) Jean-Paul Uwiduhaye

ProjektmitarbeiterInnen

Mbakhana: Doudou Fall, Malik Fall,
Demba Traoré, Moctar N'Diaye
Ourourbe: Amadou Gueye Ba, Amadou Ba,
Raki Ba, Bodjel Ba und viele andere
Cheikh Mouhamadou Bamba Ndiaye

KooperationspartnerInnen

Mamadou Fall, Convention des Associations
Rurales de Mbane et du Waalo (CARAMW)
Dipl.-Ing. (FH) Ronald Jaudas,
Association Baraka
Dr. Martina Gajdos,
Institut für Afrikanistik der Universität Wien
Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. W. Gutjahr,
Institut für Statistik und Decision Support
Systems der Universität Wien
Univ.-Prof. Nicolas Diallo (†),
Universität Dakar, Institut für Agronomie,
Pflanzenphysiologie und Agrotechnologie
DI Hans Geisslhofer,
Caritas Innsbruck

Projektfinanzierung

Dieses Forschungsprojekt wurde gemeinsam
vom bmvit und bmbwk finanziert.

Kontakt

Staatliche Versuchsanstalt – TGM,
Baustoffe und Silikattechnik
1200 Wien, Wexstrasse 19-23
vasil@tgm.ac.at

PUBLIKATIONEN

Der Endbericht zum Sahel-Projekt wird
in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie-
und Umweltforschung“ des bmvit mit der
Nummer 10/2006 erscheinen und ab
März erhältlich sein unter:
www.NachhaltigWirtschaften.at

PROJEKTFABRIK

A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3
versand@projektfabrik.at

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at

in Deutsch und Englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der
HOMEPAGE: www.NachhaltigWirtschaften.at

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit.
Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien;
Leitung: Dipl. Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: M. Gajdos, H. Hubacek, R. Jaudas, Projektfabrik.
Redaktion: Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, gdwb@council.net.
Herstellung: AV+Astoria Druckzentrum GmbH, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM erscheint vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei:
Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3, versand@projektfabrik.at