

# Skyfarming

## Innovation in der Pflanzenproduktion

Prof. Dr. Joachim Sauerborn

Universität Hohenheim

Fakultät Agrarwissenschaften

Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den

Tropen und Subtropen

joachim.sauerborn@uni-hohenheim.de





## Inhalt

- Rahmenbedingungen für eine globale Agrarproduktion
- Herausforderungen an die Landwirtschaft
- Ansätze zur Befriedigung der Nachfrage nach biobasierten Produkten
- Reis als Modellpflanze
- Ziele von Skyfarming und Innovationspotential
- Vergleich von Ökobilanzparametern



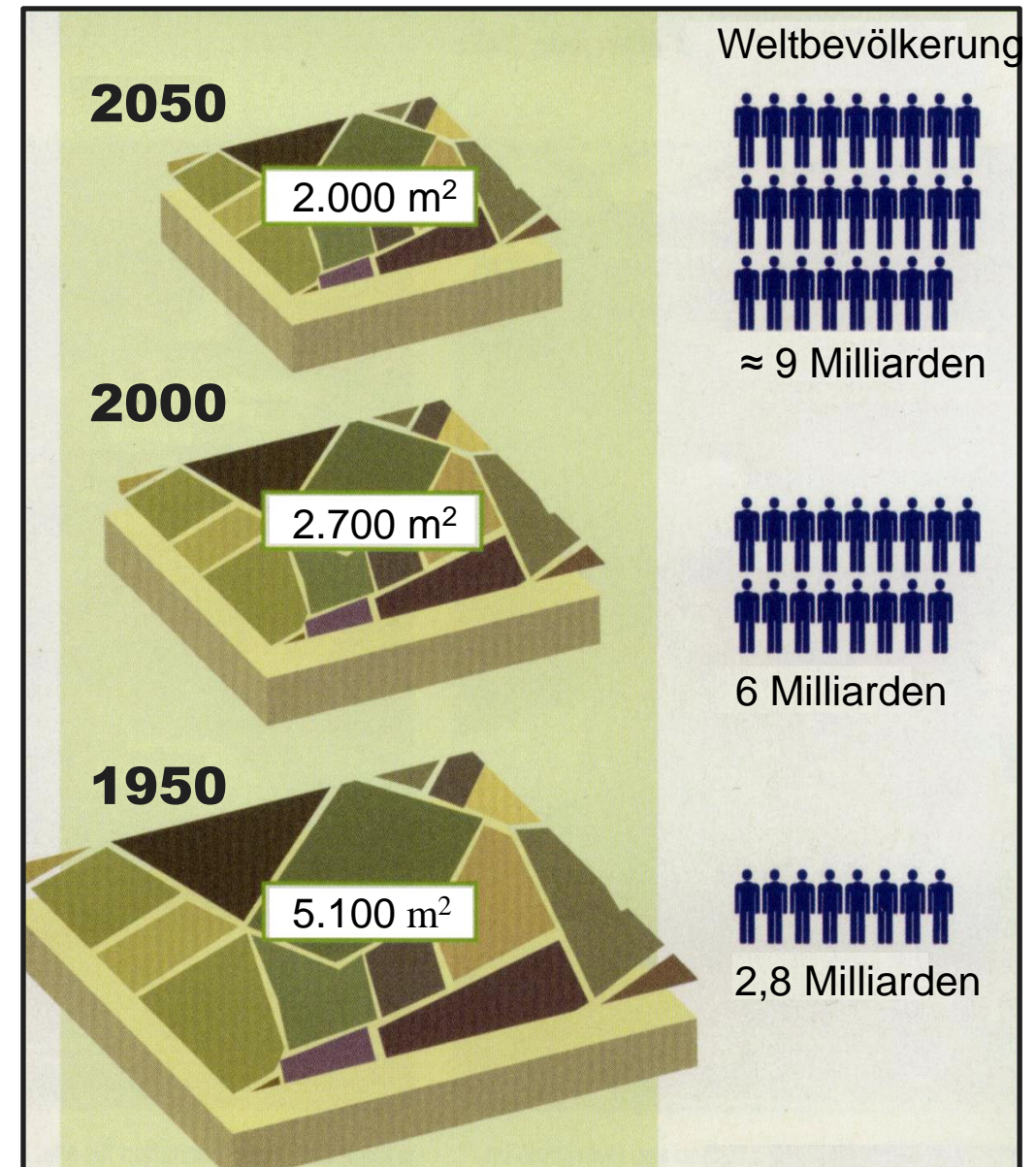
**Landverteilung  
(Mrd. ha)**

<b>Erdoberfläche</b>		<b>51,0</b>
<b>Landfläche</b>		<b>14,7</b>
<b>biologisch produktiv</b>		<b>8,3</b>
•Ackerfläche	1,4	
•Weide	3,4	
•Wald	3,5	
<b>andere Flächen</b>		<b>6,4</b>
•mit Wasser/Eis bedeckt	1,4	
•Wüsten	1,5	
•Trockengebiete	1,2	
•Buschland	0,8	
•für Tierhaltung ungeeignetes Grasland	1,3	
•Siedlungsfläche	0,2	

Zusammengestellt aus Whittaker 1975, Kalusche 1996, Wackernagel & Rees 1997

## Fläche pro Person

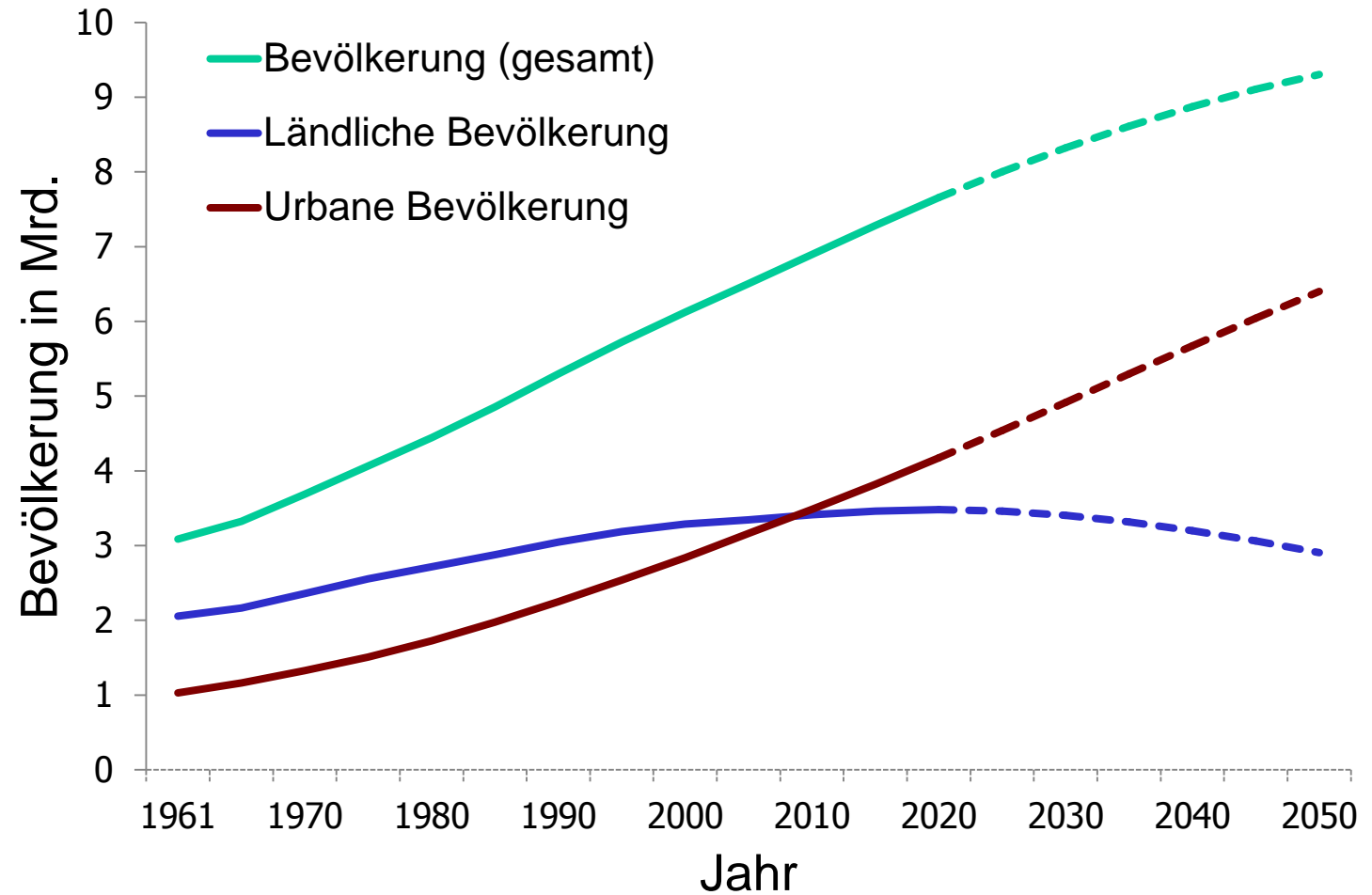
- Weltbevölkerung wächst stetig
- Weltweite Ackerfläche ist begrenzt
- Pro-Kopf-Fläche zur Ernährungs-sicherung wird kontinuierlich kleiner





## Urbanisierung nimmt zu

- Bis 2050 wird sich auf globaler Ebene das Verhältnis von städtischer zu ländlicher Bevölkerung vermutlich wandeln von 30:70 (1950) hin zu 70:30 (UN, 2011)

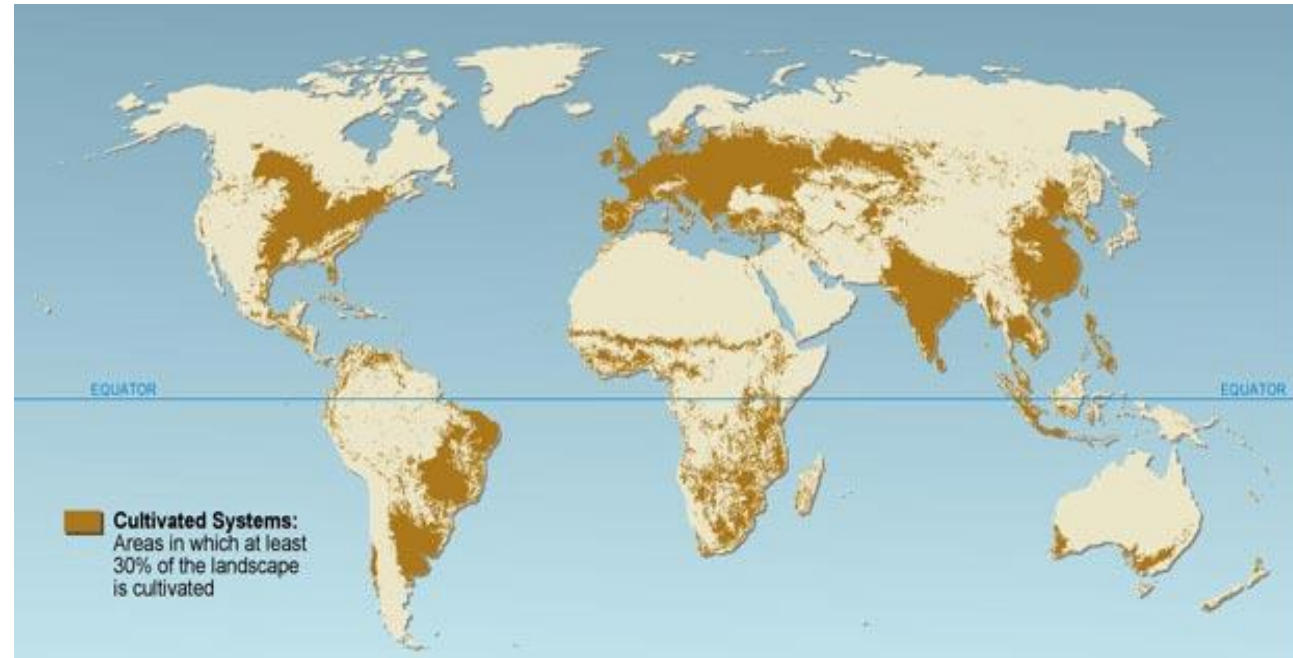


Quelle: FAOSTAT, 2012





## Zielkonflikt: Ackerland - Bauland

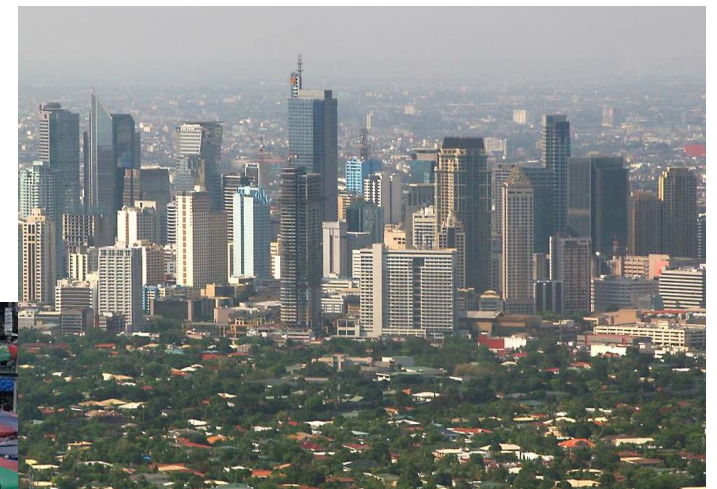
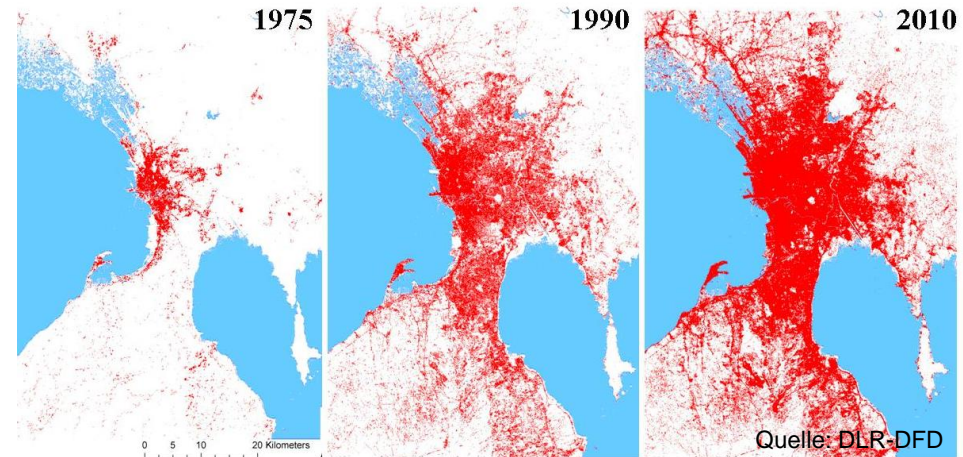


Urbanisierung verursacht den Verlust von 1,6-3,3 Mha Ackerfläche pro Jahr.

Source: Lambin & Meyfroidt 2011, PNAS 108, 3465-72

## Beispiel: Metropole Manila

- Einwohner: 12 Millionen
- Fläche: 639 km<sup>2</sup>
- Reiskonsum pro Kopf und Jahr: 129 kg
- Entspricht ca. 1,55 Mio t pro Jahr \*
- Entspricht 4079 km<sup>2</sup> à 3,8 t Reis ha<sup>-1</sup>
- Entspricht 6,4 x Fläche Manila



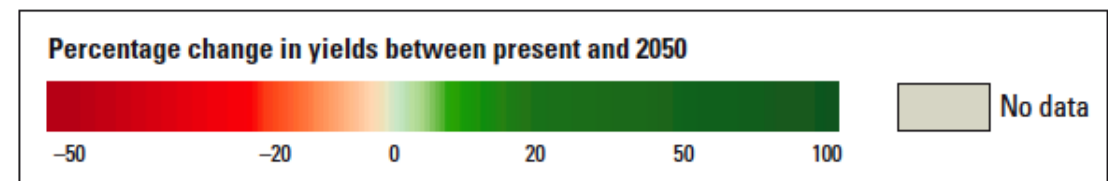
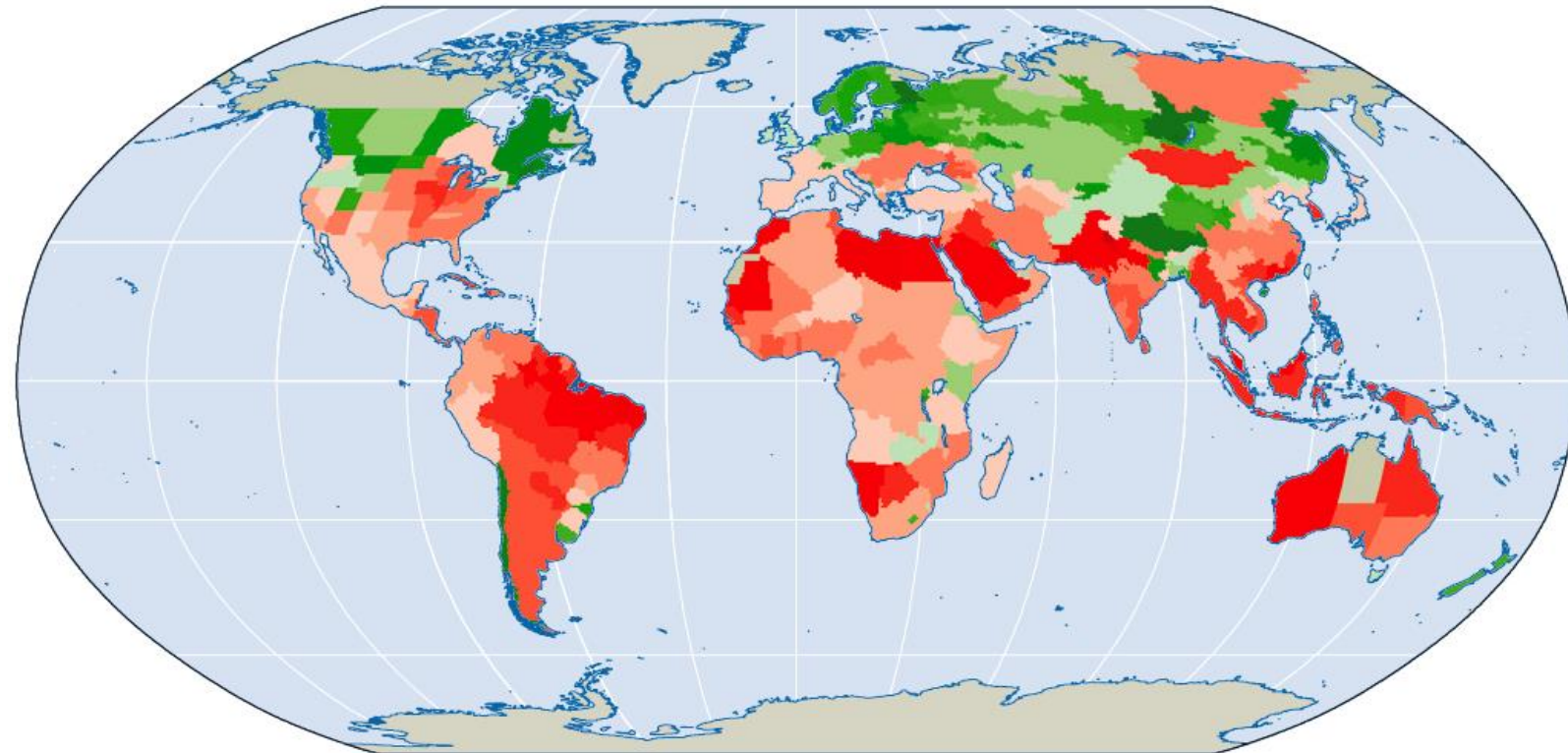
\*(ca 62.000 LKW (40t mit 25t Zuladung) pro Jahr oder 170 LKW pro Tag



## Landwirtschaftliche Produktion

Unter den heutigen Anbaupraktiken und mit derzeitigen Sorten wird der Klimawandel in den meisten Ländern bis 2050 zur Reduktion der globalen landwirtschaftlichen Erträge um 9% führen.

(Rost et al., Environ. Res. Lett. 4 (2009) 044002)

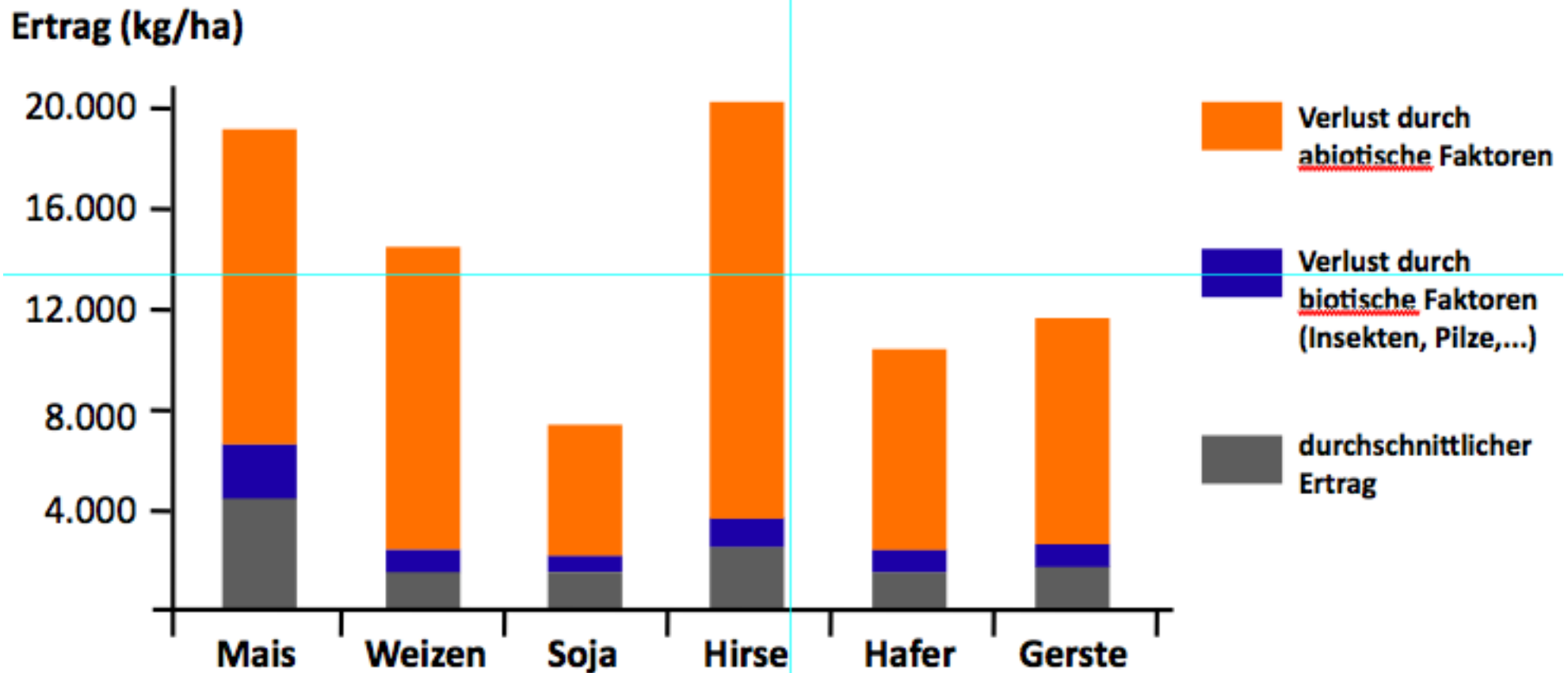


Quelle: Mueller et al., 2009 in World Development Report, Chapter 3, p 145





## Ernteverluste durch Stress



Quelle: Bayer CropScience Kurier 1/09



## Doppelte Herausforderung

1. Steigende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten
2. Erhaltung der Regenerationsfähigkeit der Erde

Strategien, um dieser Herausforderung zu begegnen:

- Produktivität des Standortes ausnutzen und Ertragslücken schließen
- Ressourcen effizient nutzen
- Konversion natürlicher Ökosysteme stoppen
- Ernährung auf Gesundheit ausrichten

## Zwei widerstreitende Ansätze

### Konventionelle Landwirtschaft



Mähdrescher im US-Bundesstaat Kansas ernten pro Stunde bis zu zehn Hektar Weizen

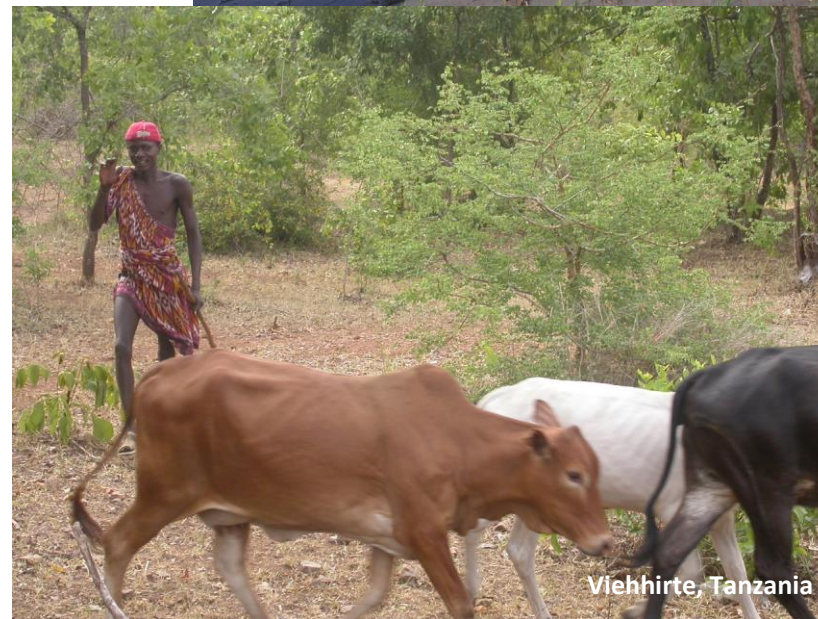


Bei Granja Mantiqueira legen vier Millionen Hennen täglich 2,7 Millionen Eier.



## Zwei widerstreitende Ansätze

### Lokale/kleinbäuerliche Landwirtschaft



## Skyfarming ein Hochtechnologie-Ansatz

- Wir wohnen vertikal, warum nicht auch unsere Nahrungsmittel in mehrstöckigen Häusern anbauen?
- Produktion in einem geschlossenen System erlaubt Kreislaufwirtschaft und sichere Ernten.

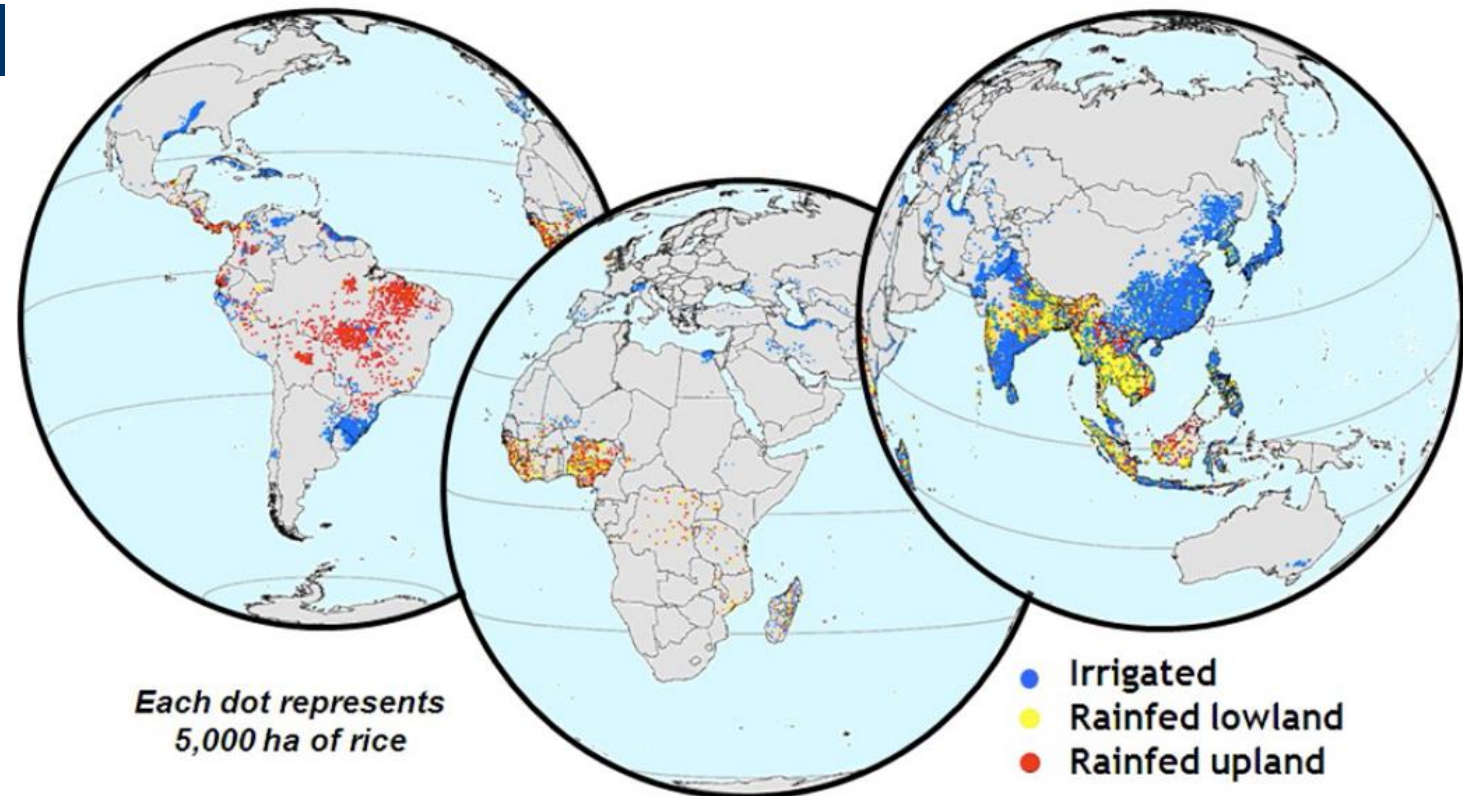


Entwurf: Gundula Schieber, Universität Stuttgart



## Warum Modellpflanze Reis?

- Reis ist global das wichtigste Nahrungsgetreide
- Stellt 20% des globalen Kalorienbedarfs
- Ist für genetische Studien Modellpflanze
- Hat eine große ökologische Bandbreite



Source: Global Rice Science Partnership, 2010



## Ein paar Fakten

- Reisproduktion (2012): 719,7 Mio t (FAOSTAT 2014)
- Erntefläche: 163,2 Mio ha (FAOSTAT 2014)  
(ca. 23% der globalen Getreideproduktionsfläche)
- Weltdurchschnittsertrag: 4,41 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT 2014)
- Das Ertragspotential liegt bei etwa 14 t ha<sup>-1</sup> (Bouman et al. 2007)
- Mittlerer Wasserbedarf (Evapotranspiration) 910 l kg<sup>-1</sup> Korn  
(Tuong et al. 2005)
- etwa 5-20% (20-100Tg/a) der anthropogen bedingten Methan  
Emissionen stammen aus Nassreisproduktionssystemen.  
(Abao et al. 2000; Kirk 2004; Babu et al. 2006)

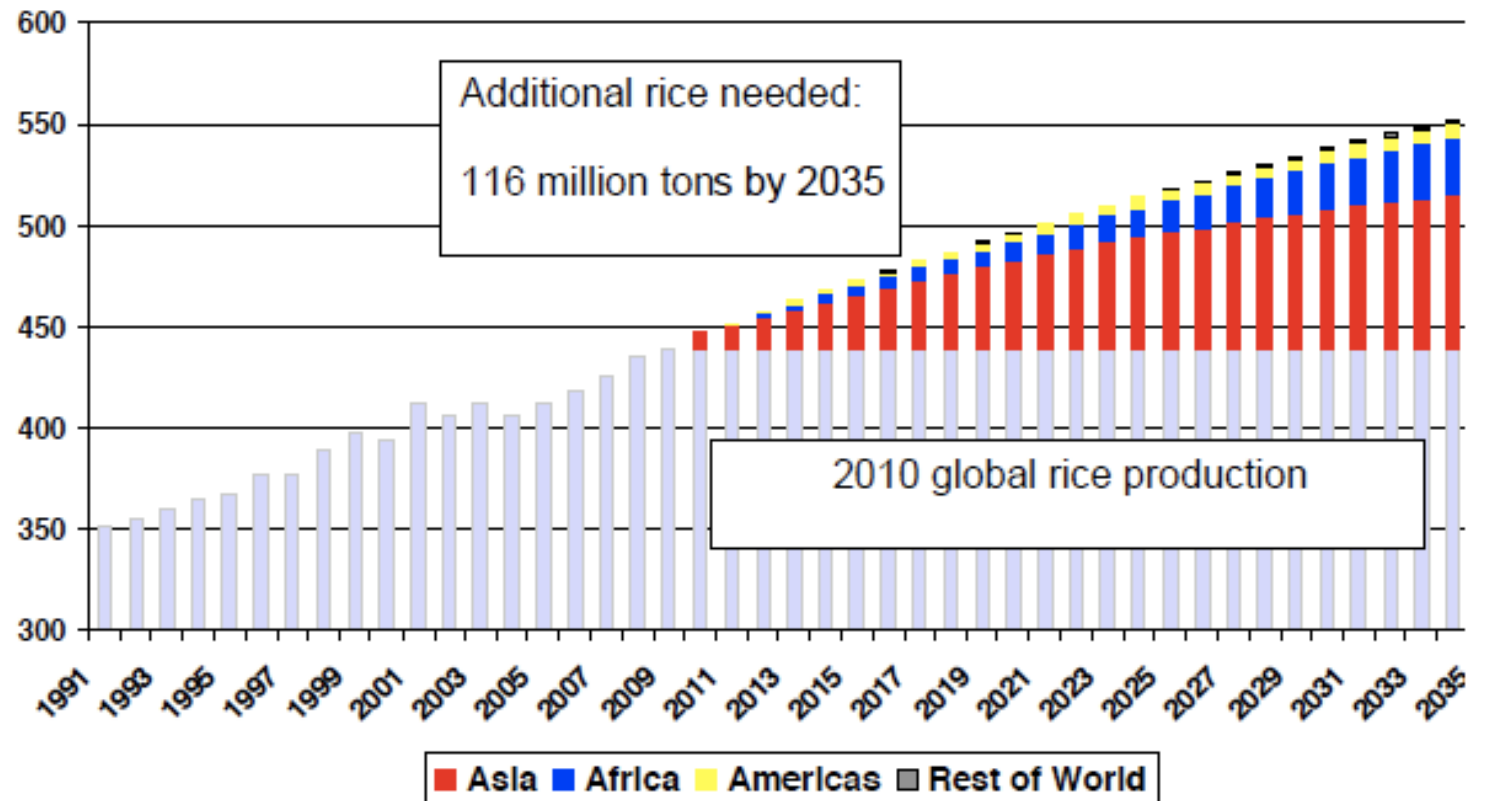




**Bedarf wächst**

17% Steigerung der  
Produktion bis 2035

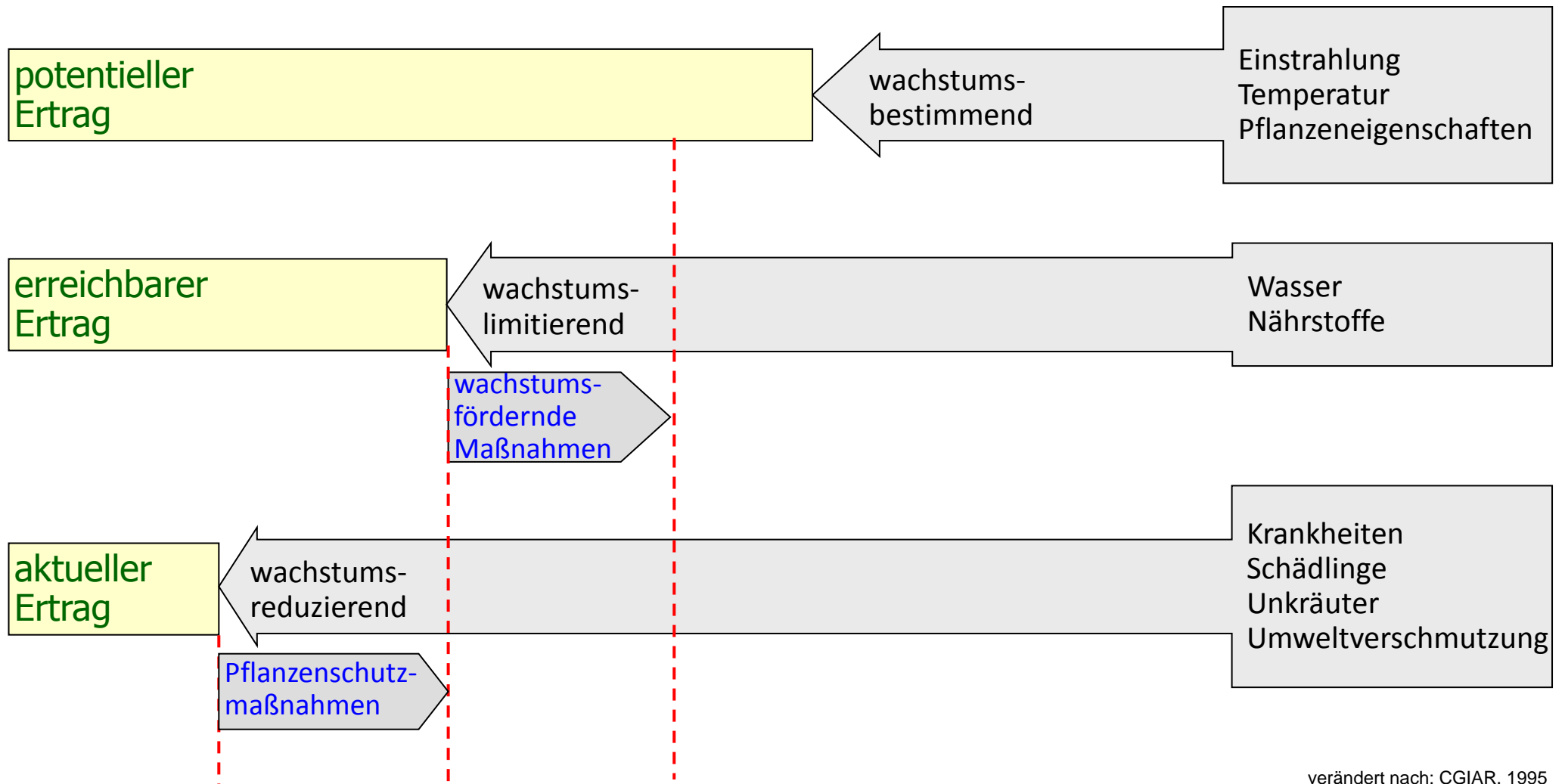
Million tons milled rice



Source: Global Rice Science Partnership, 2010



## Pflanzenwachstum bestimmende Faktoren





## High-Rice

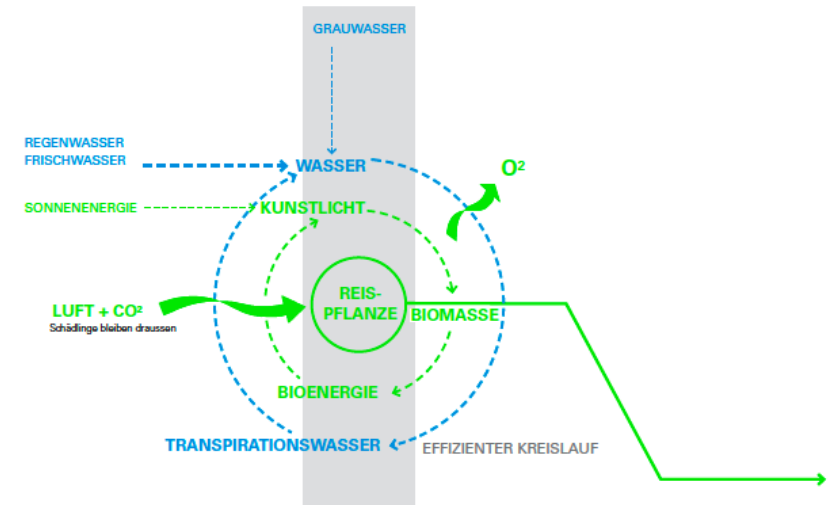
- Substratfreies Pflanzsystem
- Wurzeln hängen frei im Raum
- Wasser- und Nährstoffversorgung der Wurzeln erfolgt über Vernebelung



## Ziele einer Skyfarm

Vervielfachung des Ertrages durch:

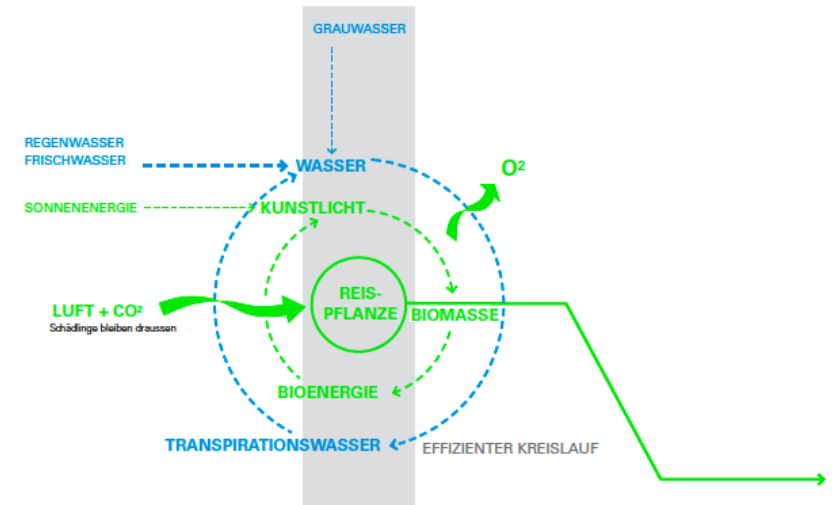
- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)



## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion

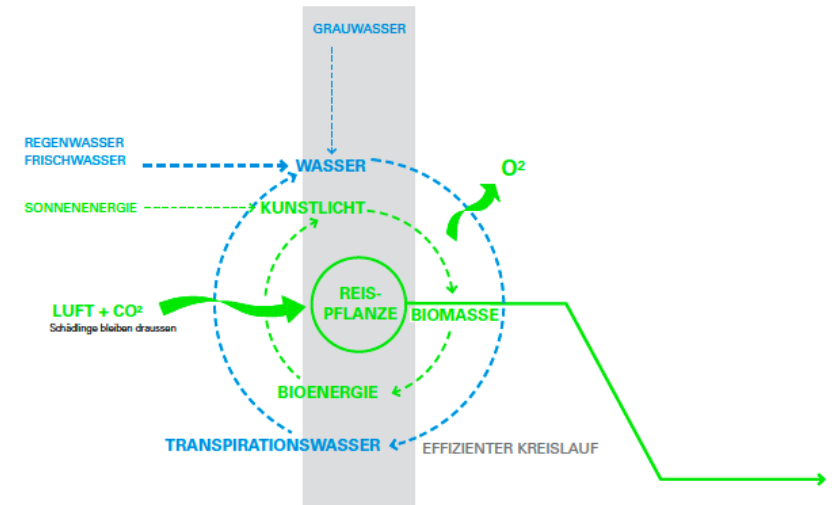




## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- mehrere Ernten pro Jahr
- Vermeidung von Ertragsverlusten durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

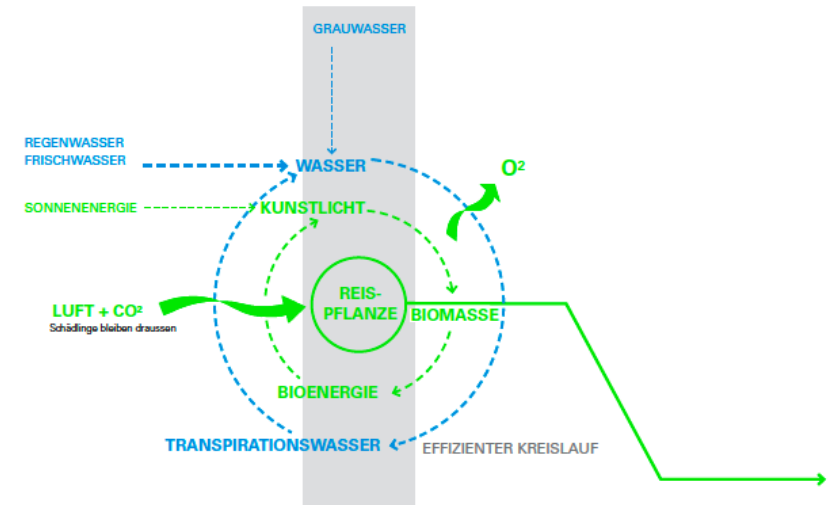


## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion
- keine Ertragsverluste durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

Verminderung der Umweltbelastung durch:



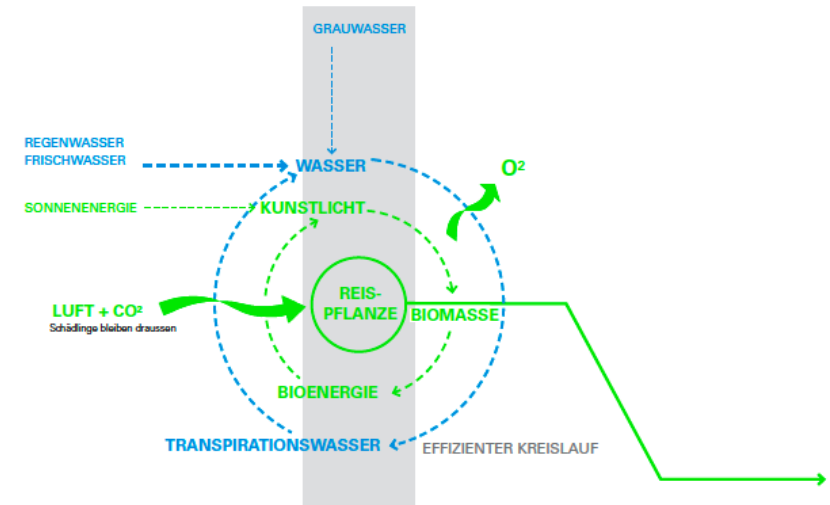
## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion
- keine Ertragsverluste durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

Verminderung von Umwelteinflüssen:

- reduzierter Eintrag an Nährstoffen z.B. N und P in natürliche Ökosysteme





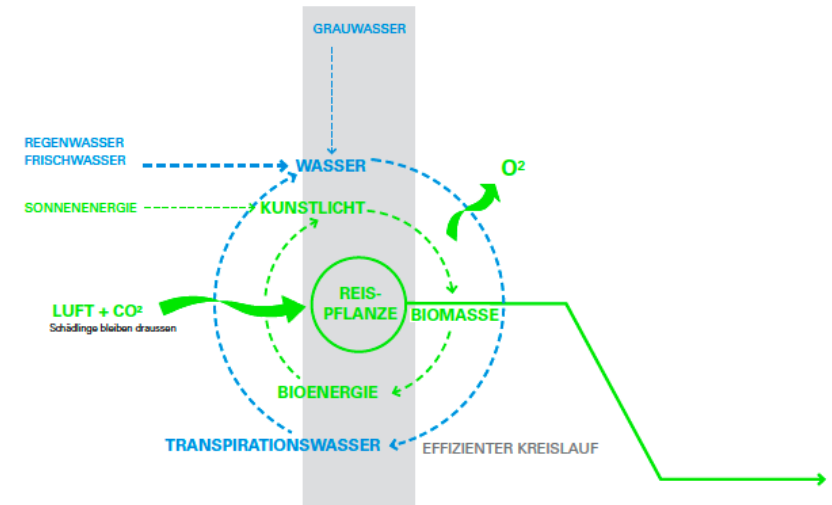
## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion
- keine Ertragsverluste durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

Verminderung von Umwelteinflüssen:

- reduzierter Eintrag an Nährstoffen z.B. N und P in natürliche Ökosysteme
- effiziente H<sub>2</sub>O-Nutzung durch Rückführung des Transpirationswassers



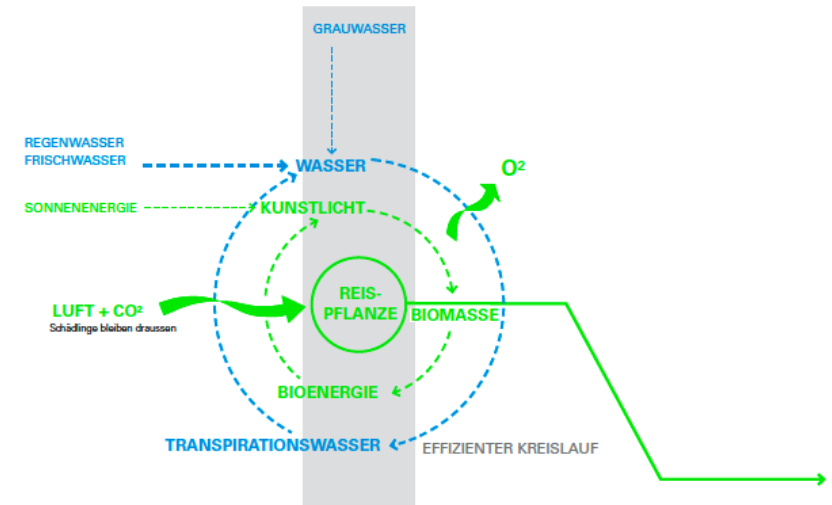
## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion
- keine Ertragsverluste durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

Verminderung von Umwelteinflüssen:

- reduzierter Eintrag an Nährstoffen z.B. N und P in natürliche Ökosysteme
- effiziente H<sub>2</sub>O-Nutzung durch Rückführung des Transpirationswassers



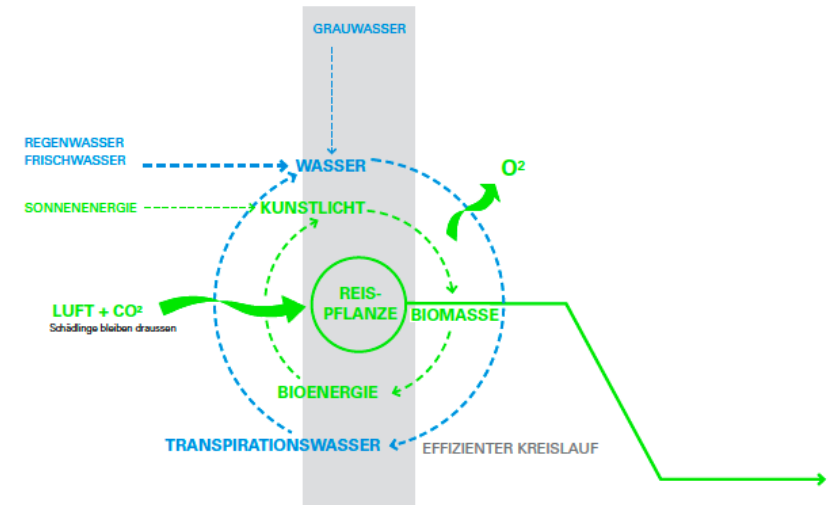
## Ziele einer Skyfarm

Vervielfältigung des Ertrages durch:

- optimale Wachstumsbedingungen (Wasser, Temperatur, Licht, Nährstoffe)
- ganzjährige Produktion
- keine Ertragsverluste durch Trockenheit, Überschwemmung, Frost, Schädlinge etc.,

Verminderung von Umwelteinflüssen:

- reduzierter Eintrag an Nährstoffen z.B. N und P in natürliche Ökosysteme
- effiziente H<sub>2</sub>O-Nutzung durch Rückführung des Transpirationswassers
- verminderten Pflanzenschutzmitteleintrag





## Ziele einer Skyfarm

Produktion dort wo Verbrauch statt findet

- z.B. Stadt, d.h. kurze Transportwege, geringere Kosten, weniger CO<sub>2</sub>- Ausstoß - weniger Traktoren, Pflüge, Fracht.



## Ziele einer Skyfarm

Produktion dort wo Verbrauch statt findet

- z.B. Stadt, d.h. kurze Transportwege, geringere Kosten, weniger CO<sub>2</sub>- Ausstoß - weniger Traktoren, Pflüge, Fracht.

Kontinuierliche Produktion

- abfedern von Preisschocks auf dem internationalen Rohstoffmarkt
- kaum Nachernteverluste



## Ziele einer Skyfarm

### Produktion dort wo Verbrauch statt findet

- z.B. Stadt, d.h. kurze Transportwege, geringere Kosten, weniger CO<sub>2</sub>- Ausstoß - weniger Traktoren, Pflüge, Fracht.

### Kontinuierliche Produktion

- abfedern von Preisschocks auf dem internationalen Rohstoffmarkt
- kaum Nachernteverluste

### Nutzung der Nebenprodukte

- Spelzen, Stroh, Wurzeln, zur Bioenergiegewinnung oder im Rahmen der Bioökonomie, etc.



## Ziele einer Skyfarm

### Produktion dort wo Verbrauch statt findet

- z.B. Stadt, d.h. kurze Transportwege, geringere Kosten, weniger CO<sub>2</sub>- Ausstoß - weniger Traktoren, Pflüge, Fracht.

### Stabile, kontinuierliche Produktion

- abfedern von Preisschocks auf dem internationalen Rohstoffmarkt
- kaum Nachernteverluste

### Nutzung der Nebenprodukte

- Spelzen, Stroh, Wurzeln, zur Bioenergiegewinnung oder im Rahmen der Bioökonomie, etc.

### Weniger Konkurrenz um natürliche Ressourcen

- wie Wasser und Land, etc.







## Agrare Tragfähigkeit

Farm-System	Tragfähigkeit (Personen pro ha)		
Brandrodungsfeldbau <sup>1</sup>	0,1	bis	0,6
Traditionelle Landwirtschaft <sup>1</sup>	1	bis	8
Intensive Landwirtschaft <sup>1</sup>	6	bis	200
Skyfarming <sup>2</sup>	140	bis	2800

Quellen: <sup>1</sup> Lal R. 2006, J Sci Food Agric 86 (14): 2273-2284; <sup>2</sup> Angaben für 1 ha Grundfläche bzw. ein 20-stöckiges Hochhaus mit einer Grundfläche von 1 ha, berechnet für einen tägl. Bedarf an 2100 kcal/Person/Tag (= 219 kg Getreide/Person/Jahr)



## Vergleich von Ökobilanz-Parametern

Reisproduktion	Konventionelle Landwirtschaft	Skyfarm (1 ha Grundfläche, 20 Etagen)
Ertrag (2012, global) t ha <sup>-1</sup> Grundfläche a <sup>-1</sup>	4,4 <sup>1</sup>	600
Flächenbedarf (2012, global) Tsd km <sup>2</sup>	1.632 <sup>1</sup>	120-380*
Nutzungseffizienz (Urea)Dünger %	30 – 40 <sup>3</sup>	>90
Klimagasemissionen (2012) Mio. t CO <sub>2eq</sub> a <sup>-1</sup>	525 <sup>1</sup>	gering bei EE**
Schwermetalleintrag aus Dünger <sup>***</sup> mg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	3.175 <sup>4</sup>	Spuren
Pestizideinsatz in der Reisprod. (global) Tsd t a.i.	467 <sup>5</sup>	0
Wasserbedarf l kg <sup>-1</sup> Korn	910 <sup>6</sup>	90
Biodiversitätsverlust vs Natur % pro Fläche	≈60 <sup>2</sup>	100

<sup>1</sup> FAOSTAT 2014; <sup>2</sup>Fargione et al. 2010; <sup>3</sup> Choudhury & Kennedy 2005 ; <sup>4</sup> Dittrich & Klose 2008, Fairhurst 2007; <sup>5</sup> Williamson 2011;

<sup>6</sup> Tuong et al. 2005; De Datta, 1981

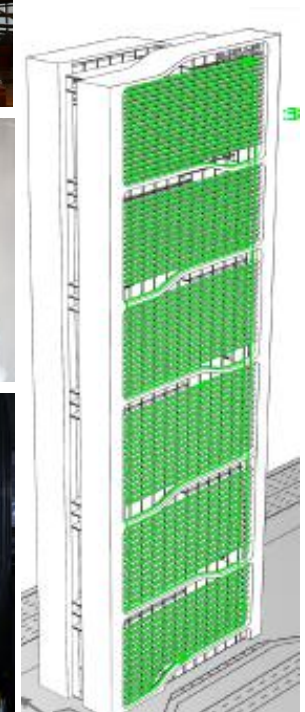
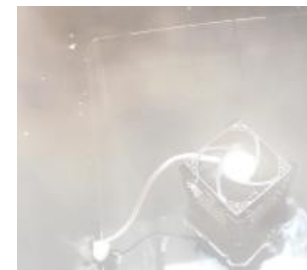
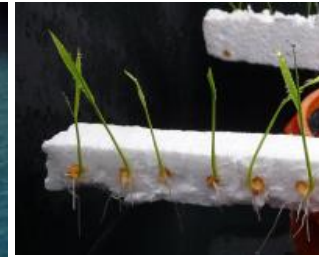
\* incl. Windpark (3MW Anlagen) bzw. Photovoltaik (16% Modulwirkungsgrad); \*\* EE = Erneuerbare Energien

\*\*\* As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Tl, Cu, Zn, U berechnet in mg ha<sup>-1</sup> auf Basis empfohlener NPK Düngung zur Erzeugung von 1t Reis



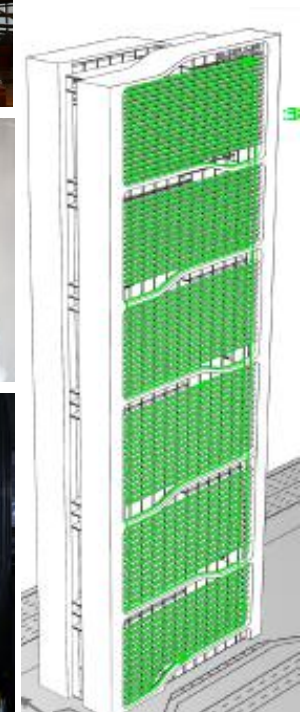
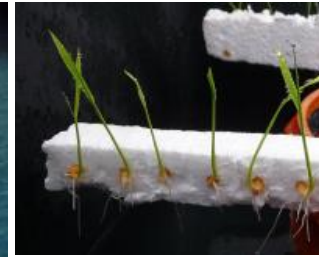
## Innovationspotential

- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge



## Innovationspotential

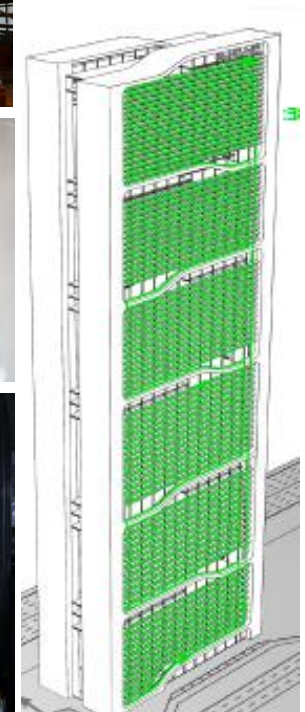
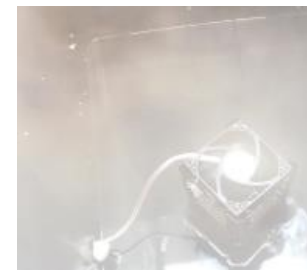
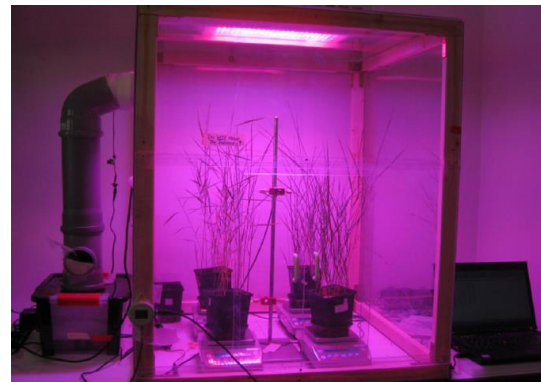
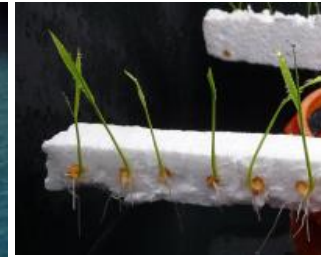
- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Optimale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze





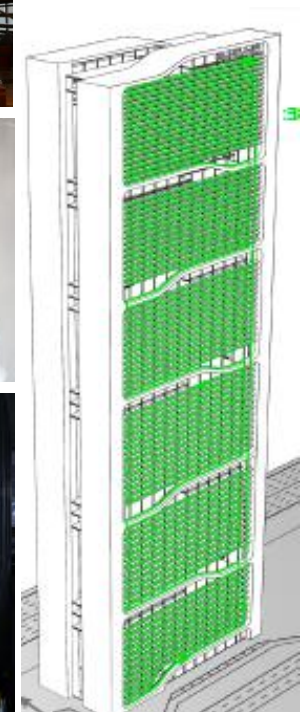
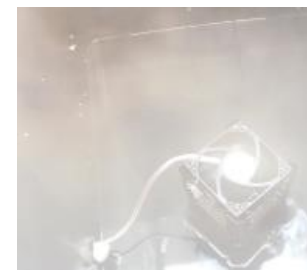
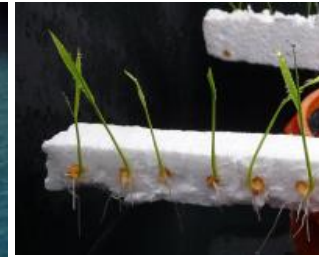
## Innovationspotential

- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien



## Innovationspotential

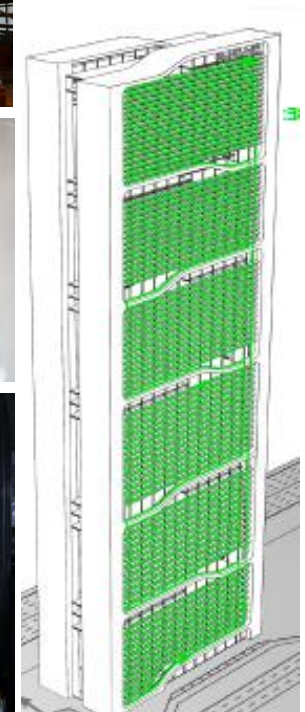
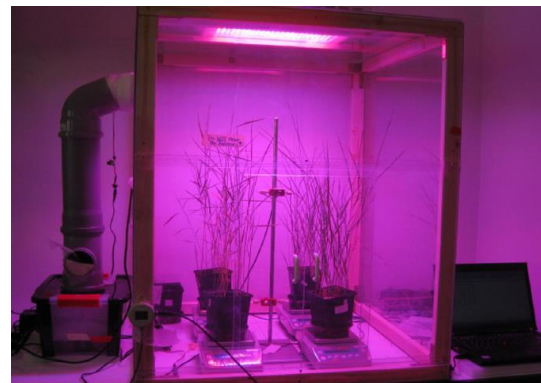
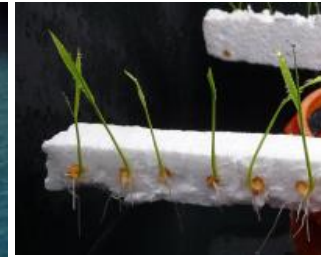
- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme





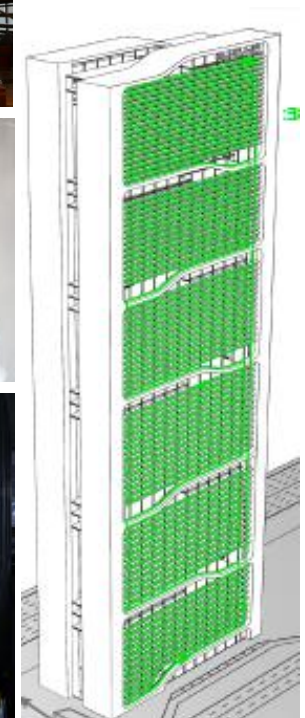
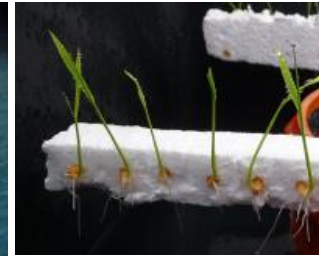
## Innovationspotential

- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien



## Innovationspotential

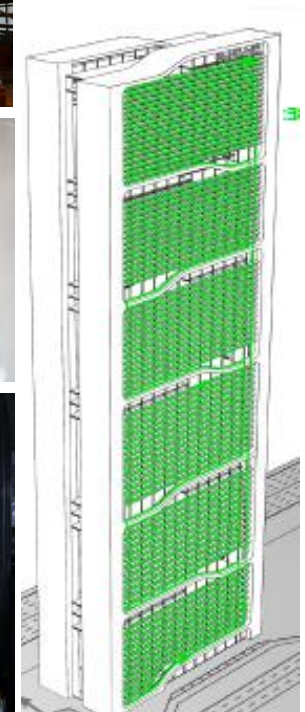
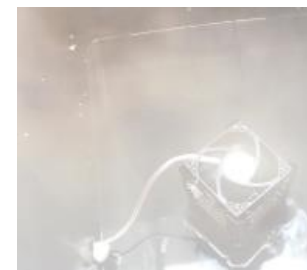
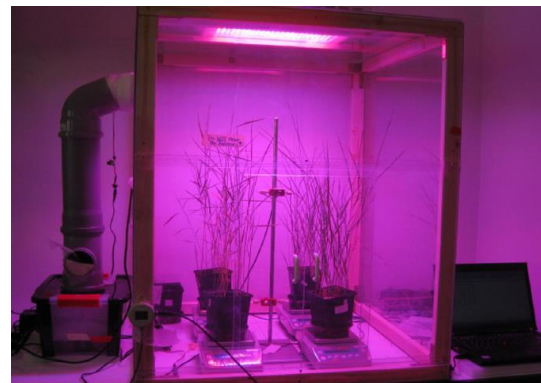
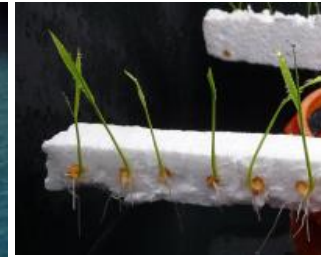
- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien
- Wasser- und Nährstofftransport





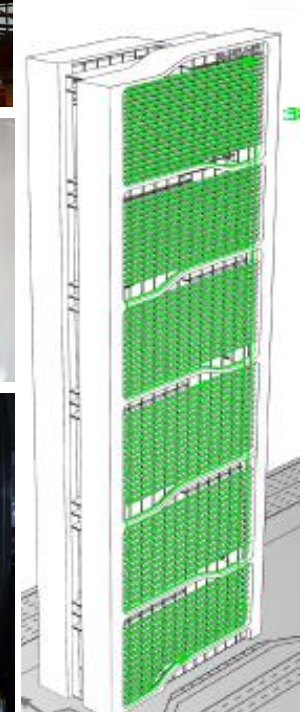
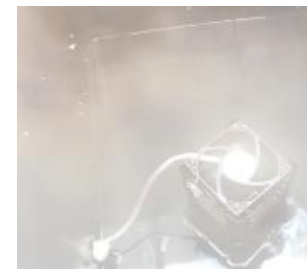
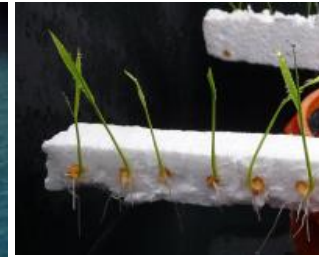
## Innovationspotential

- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien
- Wasser- und Nährstofftransport
- Transport- und Regelungstechnik



## Innovationspotential

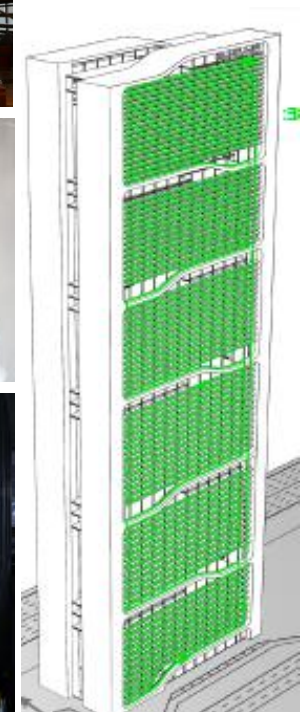
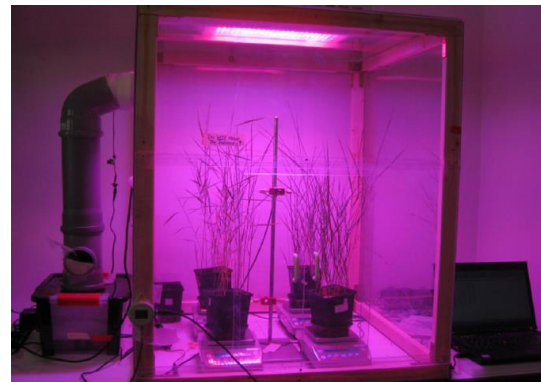
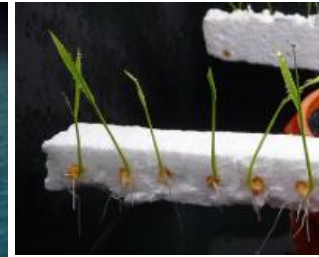
- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien
- Wasser- und Nährstofftransport
- Transport- und Regelungstechnik
- Architektur und Außenhülle





## Innovationspotential

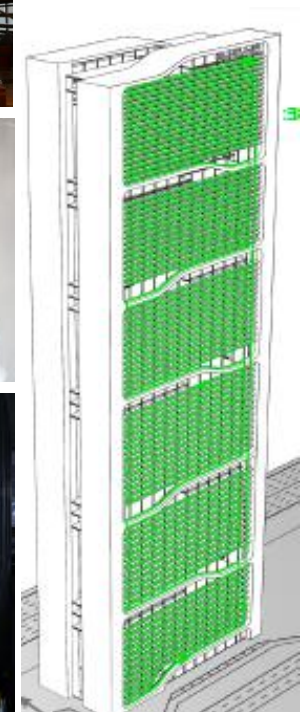
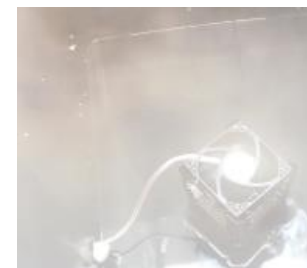
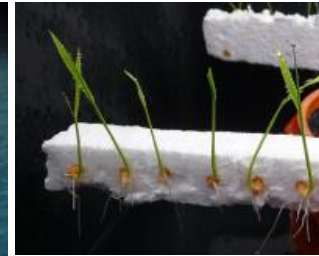
- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien
- Wasser- und Nährstofftransport
- Transport- und Regelungstechnik
- Architektur und Außenhülle
- Energiezufuhr





## Innovationspotential

- Pflanzenbedarf an Wasser, Lichtqualität, Lichtmenge
- Ideale Flächennutzung orientiert am Bedarf der Pflanze
- Pflanzenschutztechnologien
- Energiebedarf für Licht und Wärme
- Recyclingtechnologien
- Wasser- und Nährstofftransport
- Transport- und Regelungstechnik
- Architektur und Außenhülle
- Energiezufuhr
- Erntetechnologie





## Fazit – Skyfarming - Forschung

- Städte müssen an der Versorgung mit Grundnahrungsmitteln beteiligt werden
- Produktion dort wo der Verbrauch stattfindet
- Geschlossene Systeme erlauben Kreislaufwirtschaft und stabile Ernten
- Minimierung des „ökologischen Fußabdrucks“
- Agrarwirtschaft wird zu treibender Kraft für Innovationen u.a. bei der Automation





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

