

Partner of

Economy

johann.fank@joanneum.at

www.joanneum.at

Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Kolloquium

Einsatz von Präzisionslysimetern zur
Evapotranspirationsmessung

erstaunliche Ergebnisse!?

Johann Fank

27. Mai 2008

Berlin

johann.fank@joanneum.at

www.joanneum.at

Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

JOANNEUM RESEARCH

■ ist eine der größten außeruniversitären
Forschungseinrichtungen Österreichs

■ Brückenfunktion zwischen
Wissenschaft und Wirtschaft

- ➔ Angewandte F&E-Arbeiten
- ➔ Technologietransfer
- ➔ Förderung zukünftiger Fach- und Führungskräfte

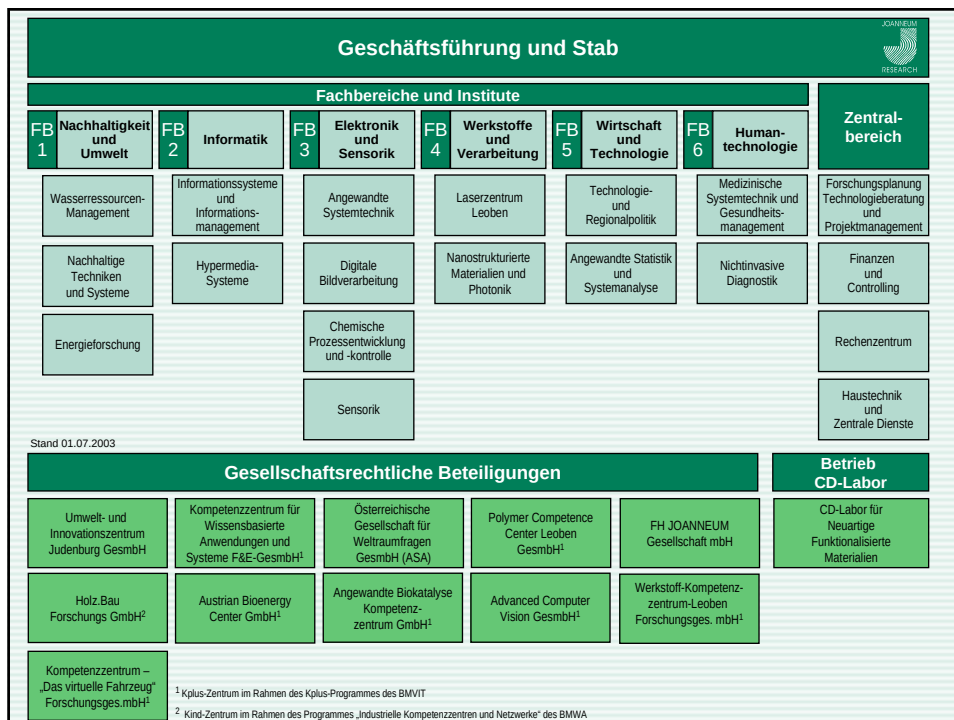
■ Nutzen für
Wirtschaft und Gesellschaft

- ➔ Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit
- ➔ Sicherung der Lebensqualität

INNOVATION aus TRADITION

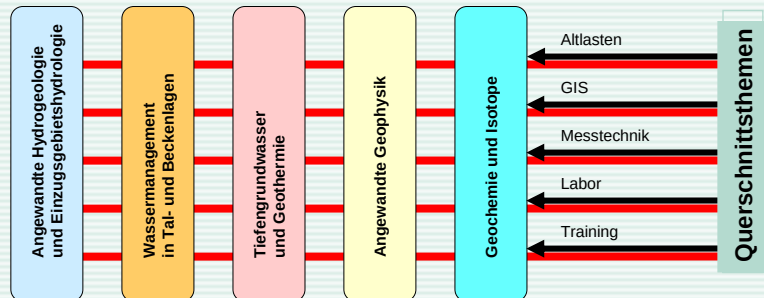
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

ISO 9001 zertifiziert



WasserRessourcenManagement Hydrogeologie und Geophysik

Forschungsschwerpunkte



5

ISO 9001 zertifiziert

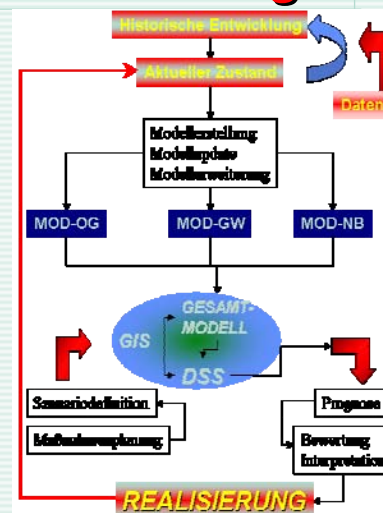
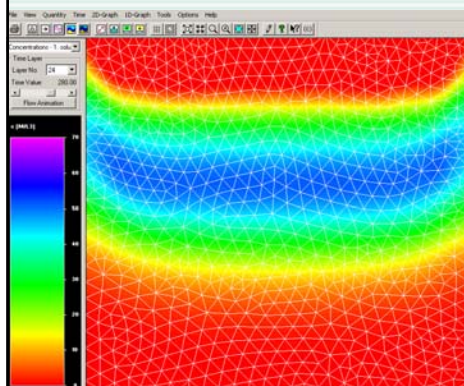
INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

FSP 2

Wassermanagement in Tal- und Beckenlagen

Entscheidungsfindung auf Basis gekoppelter numerischer Modelle



Inhalt

- **Einleitung**
- **Die Forschungsstation Wagna-Präzisions - Feldlysimeter**
 - ➔ Konzept
 - ➔ Komponenten
 - ➔ Implementation
- **Erfassung der standörtlichen Wasserbilanzglieder**
 - ➔ Niederschlag und Versickerung
 - ➔ Präzisionslysimeter zur Verdunstungsmessung
- **Verdunstungsleistung unterschiedlicher Kulturen**
 - ➔ Kalibrierung der Pflanzenkoeffizienten
 - ➔ Vergleich der Verdunstungsleistung von Kulturpflanzen
- **Zusammenfassung / Ausblick**

Wasser- und Stoffbilanz (ebene homogene Standorte)

Wasserbilanz

$$\rightarrow P + I - ET - D - \Delta S = 0$$

Stoffbilanz

$$\rightarrow Dep + F - V - L - \Delta M = 0$$

Dep = atm. Deposition

F = Düngung

V = Vegetationsentzug,
Ausgasung

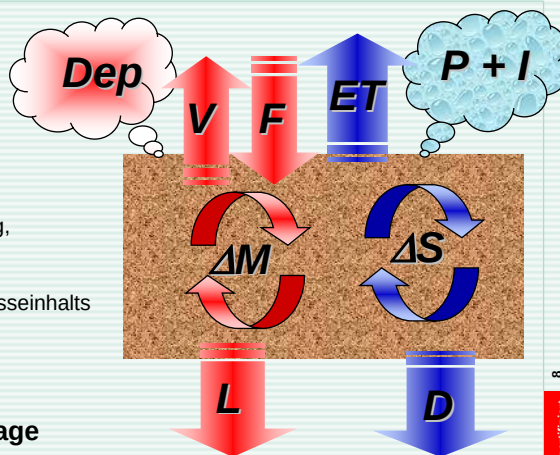
L = Auswaschung

ΔM = Änderung des Masseinhalts

$$\rightarrow Dep = P * Pc + I * Ic$$

$$L = D * Dc$$

- **Eine detailliert bekannte Wasserbilanz ist Grundlage jeder Stoffbetrachtung**



Modellansätze

■ Evapotranspiration

- Referenzverdunstung aus meteorologischen Daten
- Potentielle Pflanzenverdunstung aus zeitabhängigen Pflanzenfaktoren
- Berücksichtigung von Stressfaktoren

■ Drainage

- Kompartimentmodelle (z.B: Einschichtbilanzmodell)
- RICHARDS – Gleichungsmodelle (z.B: HYDRUS)
- Ableitung aus hydrografischen Daten

■ Stoffumsetzung und –transport

- Convection – Dispersion – Modelle
- Stoffumsetzungsmodelle (z.B. STOTRASIM)
- Reaktionskinetische Modelle (z.B: PHREEQC)

INNOVATION aus TRADITION

Inhalt

■ Einleitung

■ Die Forschungsstation Wagna-Präzisions - Feldlysimeter

- Konzept
- Komponenten
- Implementation

■ Erfassung der standörtlichen Wasserbilanzglieder

- Niederschlag und Versickerung
- Präzisionslysimeter zur Verdunstungsmessung

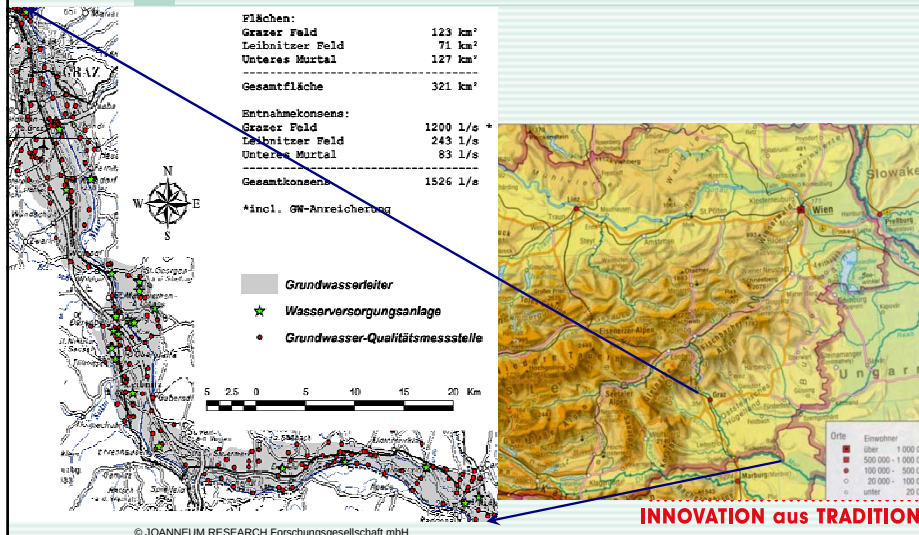
■ Verdunstungsleistung unterschiedlicher Kulturen

- Kalibrierung der Pflanzenkoeffizienten
- Vergleich der Verdunstungsleistung von Kulturpflanzen

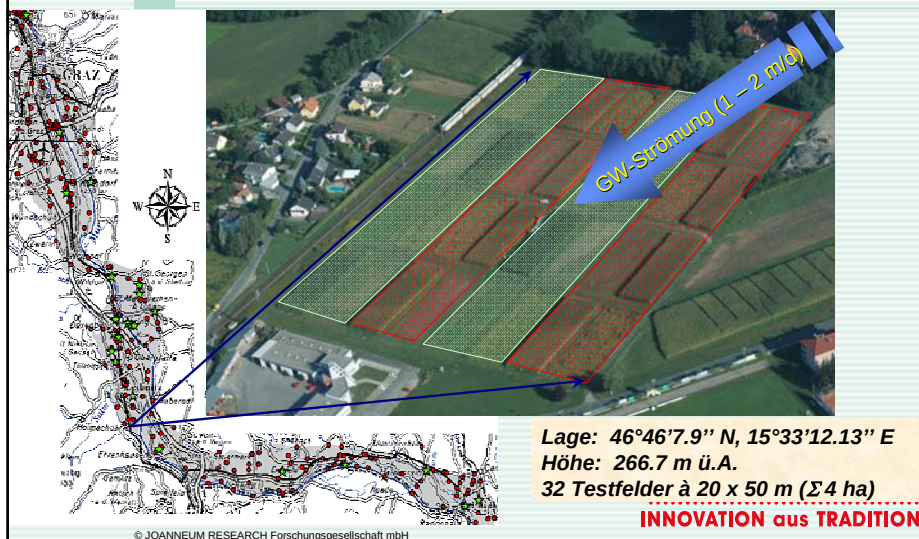
■ Zusammenfassung / Ausblick

INNOVATION aus TRADITION

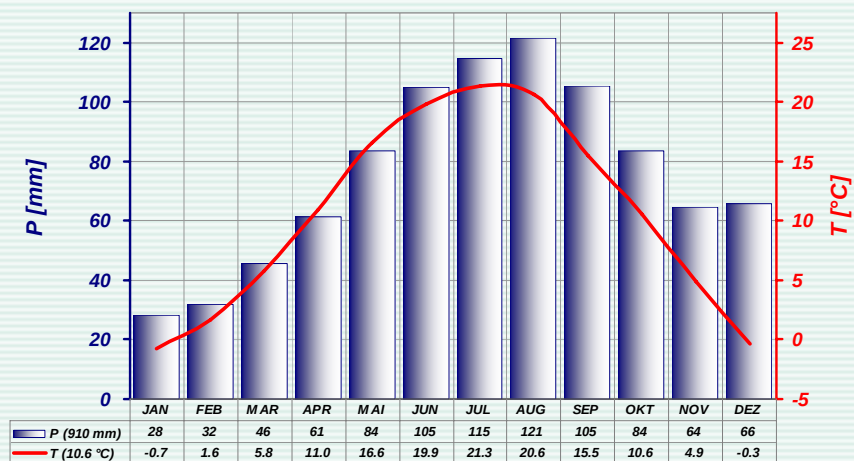
Der Murtal - Grundwasserleiter



Das Versuchsfeld Wagna



Witterungsverhältnisse (1992 – 2007)

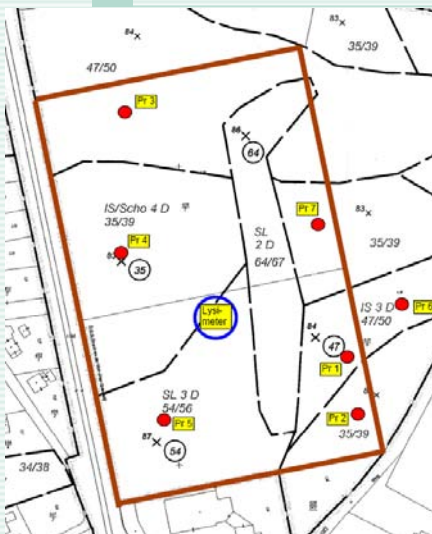


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

13
ISO 9001 zertifiziert

Bodenverhältnisse am Versuchsfeld Wagna



Finanzbodenschätzung

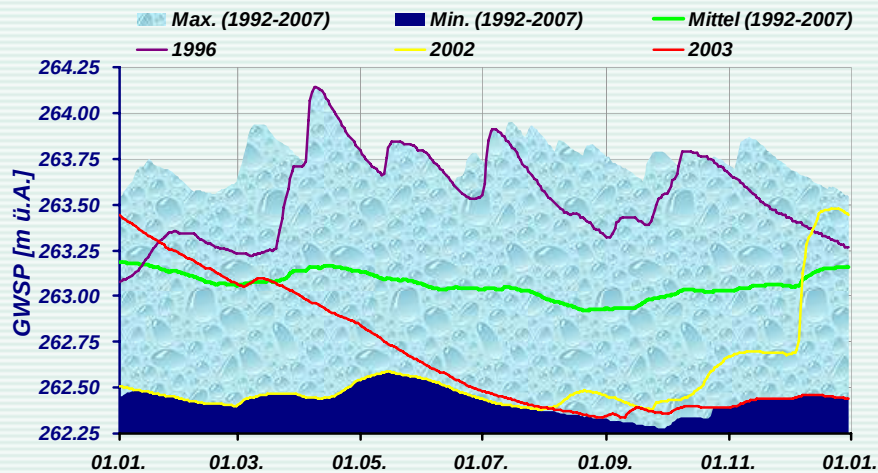
- 40 % Is/Scho 4 D 35/39
- 20 % Is 3 D 47/50
- 20 % SL 2 D 64/67
- 20 % SL 3 D 54/60

- Silikatische Lockersediment-braunerde auf sandig schottrigem Terrassenmaterial.
- Sand – Schluff – Ton – Humus
53 % 33 % 15 % 1.2 %
- Die Mächtigkeit reicht von 25 cm bis 150 cm und mehr.
- Sehr heterogen; es wechseln Trockenklempen mit tiefgründigen Stellen in engem Raum.

INNOVATION aus TRADITION

14
ISO 9001 zertifiziert

Grundwasserspiegellage



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Anforderungsprofil Messstelle (München, 2004)

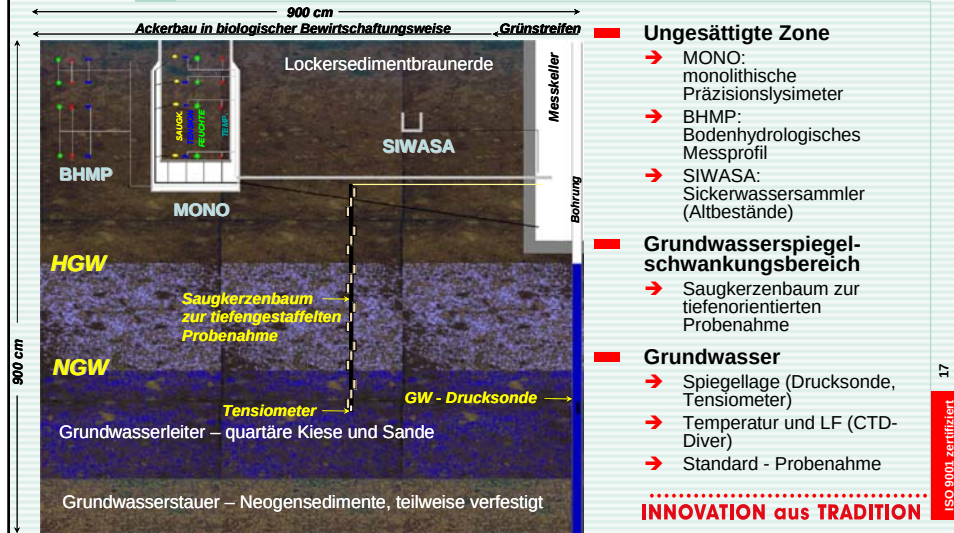
- Wägbare Lysimeter, die im Feld bei maschineller, ortsüblicher Bewirtschaftung betrieben werden
- Monolithische Gewinnung bis zur Wasserscheide
- Führung der Berandung bis an die Oberfläche
- Messungen im Lysimeter und im Versuchsfeld (BHMP)
- Saugspannung = gemessene Potentiale im Feld
- Erfassung der Ausgangsbedingungen durch detaillierte Profilaufnahme im Zuge der Errichtung

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

Messeinrichtungen Ungesättigte Zone und Grundwasser



Messausstattung am Versuchsfeld Wagna

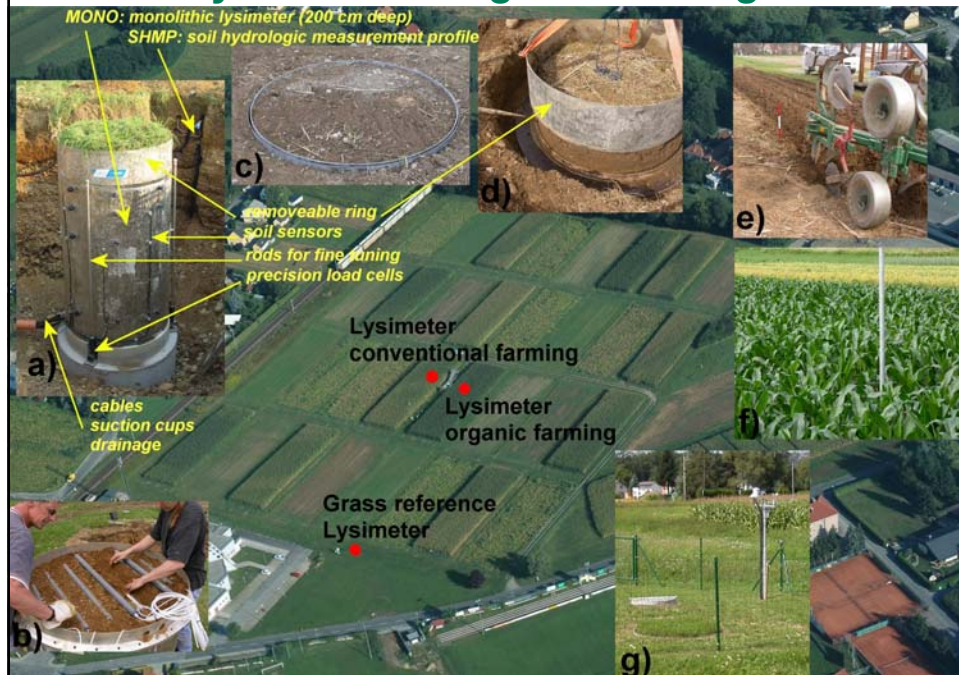


- Wissenschaftliches monolithisches wägbares Präzisions – Lysimeter unter konventioneller Bewirtschaftung mit gesteuertem Unterdrucksystem (unidirektionale Vakuumsteuerung und hydrologische Wippe zur Sickerwassermengenerfassung), abnehmbarer Bewirtschaftungsring (1 m² Oberfläche, 190 cm Tiefe, Sensorebenen in 0,35 m, 0,60 m, 0,90 m mit Saugkerzen, TDR-Sonden, Tensiometer, SIS – Sensoren, Temperatursensoren,)
- Wissenschaftliches monolithisches wägbares Präzisions – Lysimeter unter organisch-biologischer Bewirtschaftung mit gesteuertem Unterdrucksystem (unidirektionale Vakuumsteuerung und hydrologische Wippe zur Sickerwassermengenerfassung), abnehmbarer Bewirtschaftungsring und Messung der Strahlungsbilanz über dem Lysimeter, Erfassung von Wassergehalt und Saugspannung in den obersten Bodenschichten (1 m² Oberfläche, 190 cm Tiefe, Sensorebenen in 0,35 m, 0,60 m, 0,90 m mit Saugkerzen, TDR-Sonden, Tensiometer, SIS – Sensoren, Temperatursensoren,)
- HYDROLYS - monolithisches wägbares Präzisions – Lysimeter unter Grünland mit gesteuertem Unterdrucksystem (bidirektionale Vakuumpumpe und Wiegesystem zur Sickerwassermengenerfassung)
- ✱ Tiefengestaffelte Probenahmesysteme mit automatischer Unterdrucksteuerung zur Messung der Grundwasserspiegellage und zur Gewinnung von Wasserproben aus den tieferen Bereichen der ungesättigten Zone, dem Grundwasserkapillarsaum und dem Grundwasserspiegelschwankungsbereich unter konventioneller (rot) und unter organisch – biologischer Bewirtschaftung (grün)
- Grundwasserpegel zu Erfassung der Grundwasserspiegellage (Drucksensor)
- Grundwasserpegel zu Erfassung der Grundwassertemperatur und der elektrischen Leitfähigkeit (CTD – DIVER) sowie zur Standard - Grundwasserprobenahme
- UMS – Wetterstation (Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in 2 m über GOK, Windgeschwindigkeit in 2 und 4 m über GOK, Niederschlags-Totalisator)
- ZAMG – teilautomatische Wetterstation (Niederschlagswippe, Niederschlagsdauer Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 10 m über GOK, Luftdruck, Bodentemperatur in 5, 10 und 20 cm Tiefe, Lufttemperatur in 5 cm über GOK)
- PLUVIO – Niederschlagswaage des Hydrographischen Dienstes Steiermark
- METEOLYS – Wetterstation (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung in 2 m über GOK)

Lysimetergewinnung



Lysimeterkonfiguration Wagna



Double Tracer Experiment to detect Macroporous Flow and Transport Parameters in the Lysimeter

ORGANIC FARMING		
	Inner Circle	Outer Circle
Area [m ²]	0.5	0.5
Tracer	² H	NaBr
Tracer Amount	10 ml 99.8 %	50 g
Solution Amount	1000 ml	1000 ml
Start Time	12.04.2005 16:46	12.04.2005 17:00
End Time	12.04.2005 16:48	12.04.2005 17:01
Weight Difference [kg]	0.98	0.98

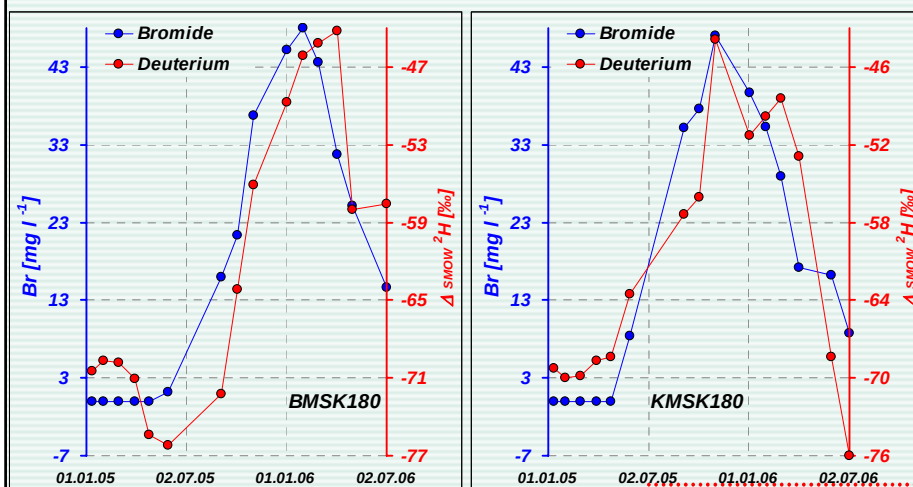
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

21

ISO 9001 zertifiziert

Comparison Bromide : Deuterium



© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

22

ISO 9001 zertifiziert

Minimierung der Lysimeterfehler

- Ortsübliche mechanische Bewirtschaftung
- Vermeidung von Inseleffekten
- Das beste Lysimeter ist das, das man nicht sieht



23

ISO 9001 zertifiziert

Sickerwasserregistrierung

- KIPP100:
digitale
Kippwaage
100 ml = 0.1 mm
- 3.5 % als
Sammelprobe
- Wöchentliche
Probenahme für
Detailanalyse
- Monatssummen-
Proben für
 - ➔ Standard
Chemieanalyse
 - ➔ Isotopen-
analysen



24

ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION

Implementierung Mai 2006



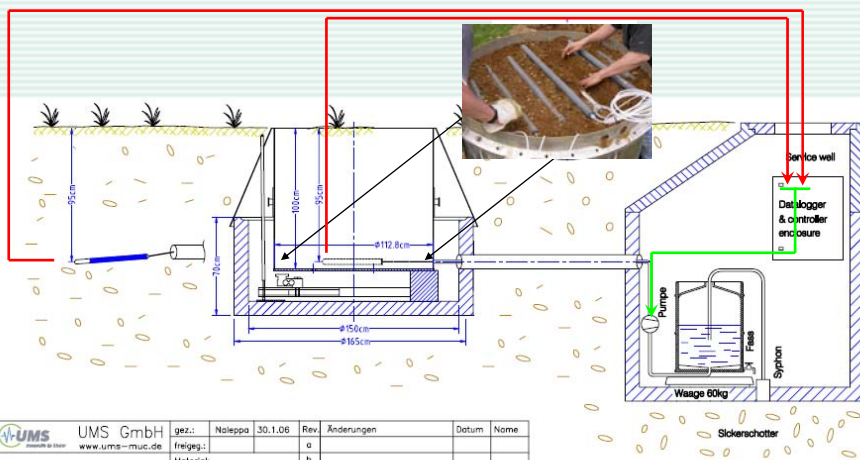
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

25

ISO 9001 zertifiziert

Potentialübertragung Freiland / Lysimeter



UMS Umsatz für Wasser Hydrologie-Lysimeter Projekt: Wagner, Dr. Fank	UMS GmbH	gez.: Naleppa	30.1.06	Rev.	Änderungen	Datum	Name
	www.ums-mus.de	freigez.: a					
		Material: b					
		Maßstab: ca. 1:30 c					
		Zeichnung: d					
		e					

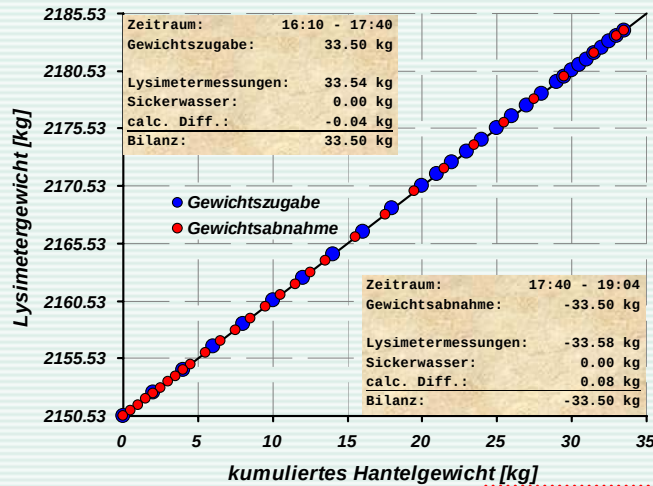
© Eigentumsverhältnisse: Die Zeichnung ist Eigentum der UMS GmbH und darf nicht an Dritte weitergegeben werden.

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

26

ISO 9001 zertifiziert

Wiegegenauigkeit HYDROLYS (10.10.2007)



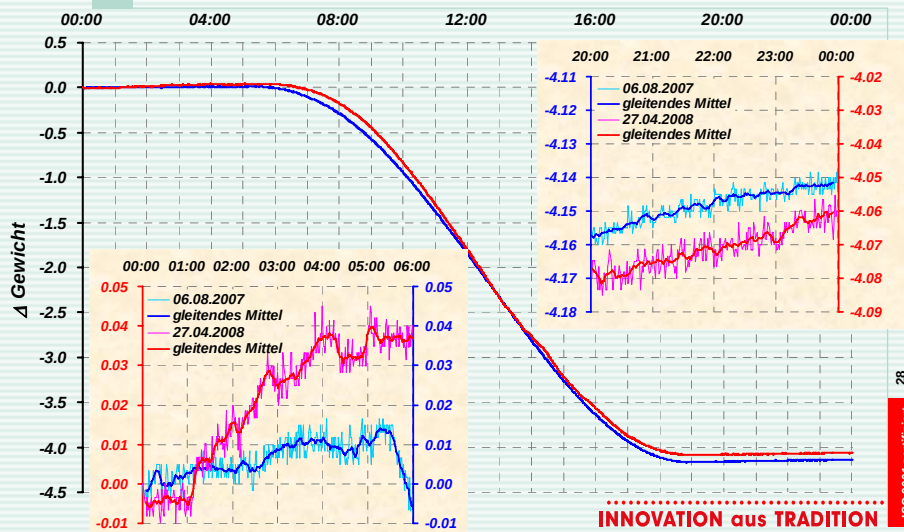
© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

27

ISO 9001 zertifiziert

Lysimeter - Gewichtsganglinie



INNOVATION aus TRADITION

28

ISO 9001 zertifiziert

Inhalt

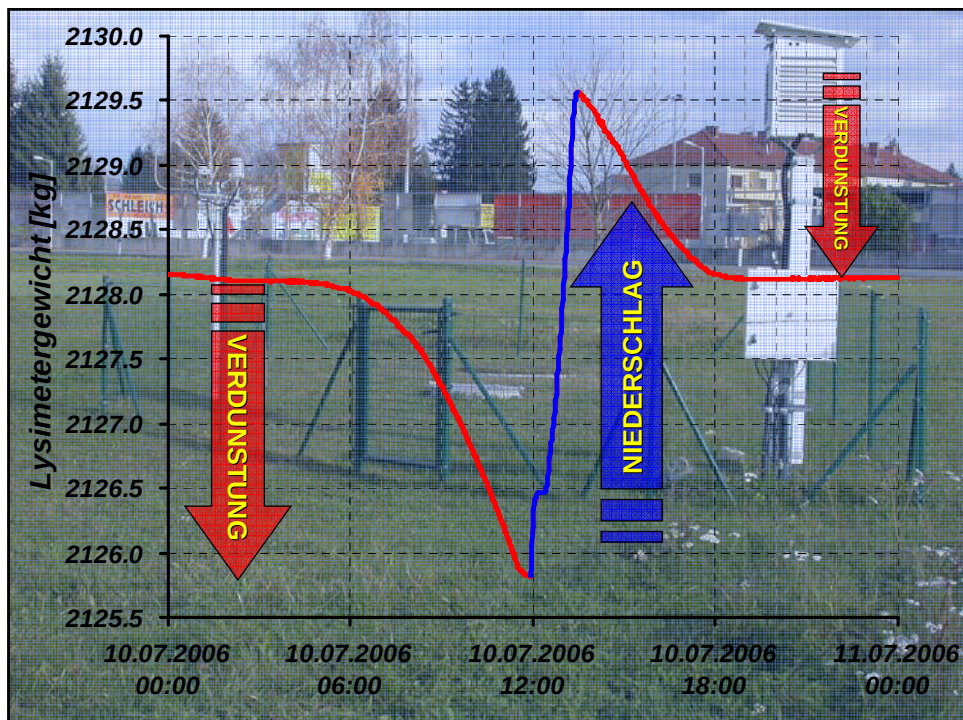
- **Einleitung**
- **Die Forschungsstation Wagna-Präzisions - Feldlysimeter**
 - ➔ Konzept
 - ➔ Komponenten
 - ➔ Implementation
- **Erfassung der standörtlichen Wasserbilanzglieder**
 - ➔ Niederschlag und Versickerung
 - ➔ Präzisionslysimeter zur Verdunstungsmessung
- **Verdunstungsleistung unterschiedlicher Kulturen**
 - ➔ Kalibrierung der Pflanzenkoeffizienten
 - ➔ Vergleich der Verdunstungsleistung von Kulturpflanzen
- **Zusammenfassung / Ausblick**

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

29

ISO 9001 zertifiziert



Sickerwasserwaage HYDROLYS

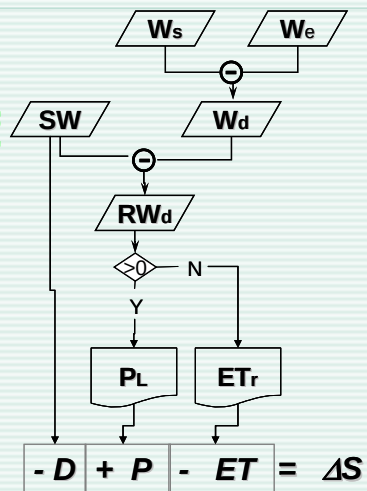
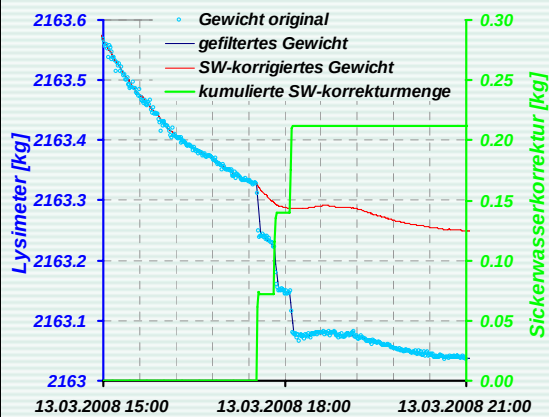


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

INNOVATION aus TRADITION

31
ISO 9001 zertifiziert

Auswertung Gewichtsganglinie

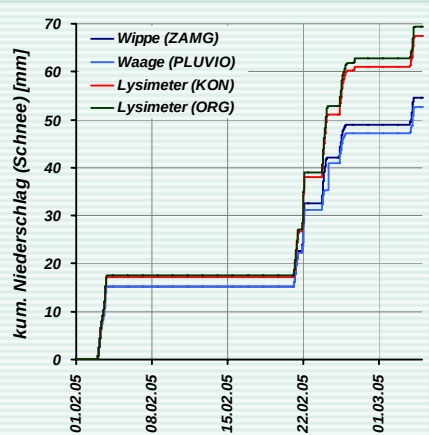
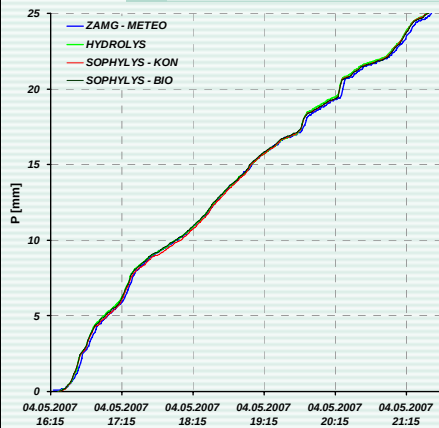


© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

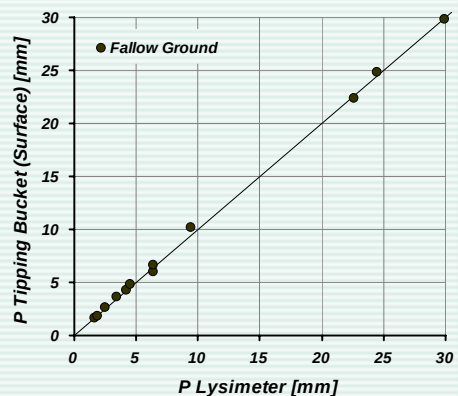
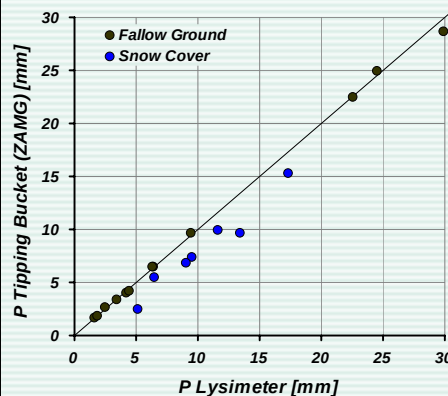
INNOVATION aus TRADITION

32
ISO 9001 zertifiziert

Niederschlagsmessung Vergleich von Messgeräten

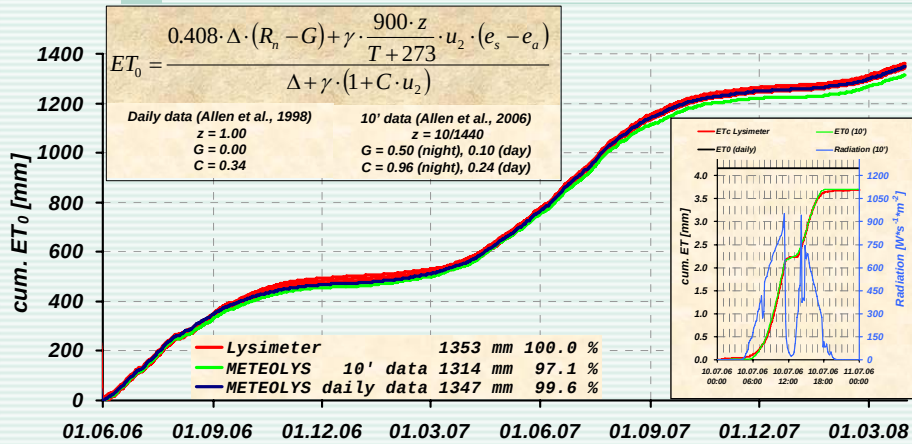


Niederschlagsmessung (Vergleich Regen – Schnee)

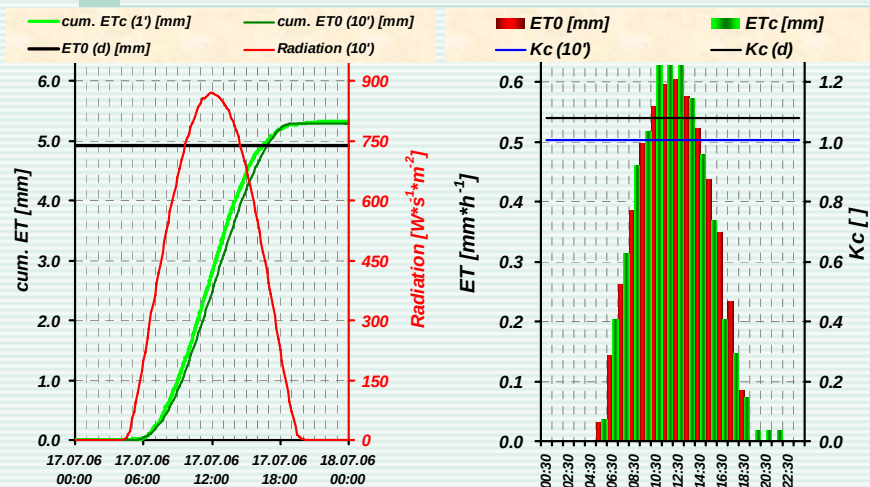


Unterschätzung Schneeniederschlag > 20 %

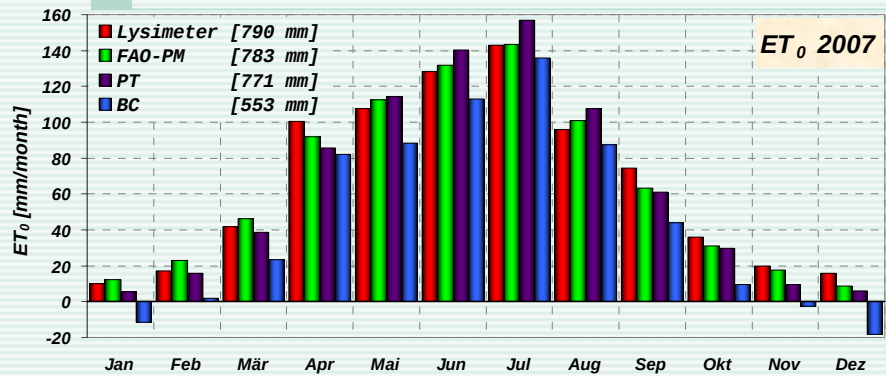
Gras - Referenzverdunstung



Auswertung Verdunstung Vergleich berechneter ET₀ und gemessener ETc



Gras – Referenzverdunstung Methodenvergleich



Deviation to lysimeter measurement		year 2007	apr-sep	okt-mar
FAO-PM	Penman-Monteith (Allen et al., 1998)	-1.0%	-0.9%	-1.3%
PT	Priestley-Taylor (Steiner et al., 1991)	-2.5%	2.5%	-25.3%
BC	Blaney-Criddle (Doorenbos & Pruitt, 1977)	-30.0%	-15.2%	-98.3%

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

37

ISO 9001 zertifiziert

Bilanzierung der Verdunstung (HYDROLYS 2007)

Wasserbilanzgleichung: $P - D - \Delta S = ET$

- P variabel aus unterschiedlichen Messgeräten
- D fix aus Lysimetermessungen
(= 235.3 mm)
- ΔS fix aus Gewichtsänderung minus Sickerwasser
(= 229.6 mm – 235.3 mm = -5.7 mm)
- ET Bilanzergebnis

HYDROLYS – Auswertung

- P = 931 mm ET = 701 mm ET₀ = 763 mm TS = 62 mm

ZAMG – Niederschlagswippe

- N = 892 mm ET = 663 mm ET₀ = 763 mm TS = 100 mm

PLUVIO – Niederschlagswaage

- N = 817 mm ET = 587 mm ET₀ = 763 mm TS = 176 mm

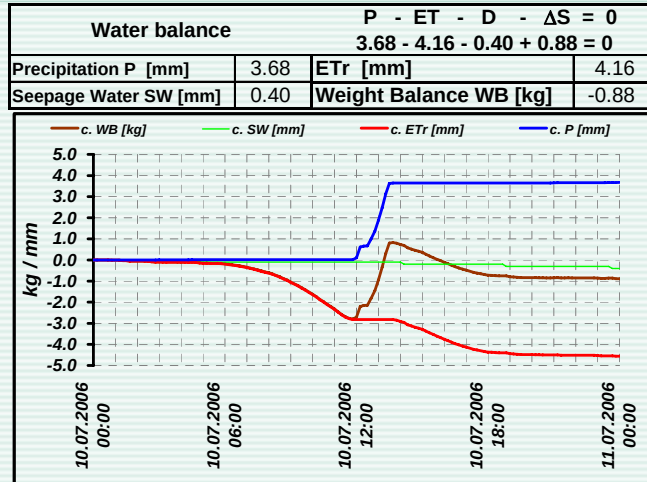
INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

38

ISO 9001 zertifiziert

Standörtliche Wasserbilanz 10. 07. 2006 (BIO)



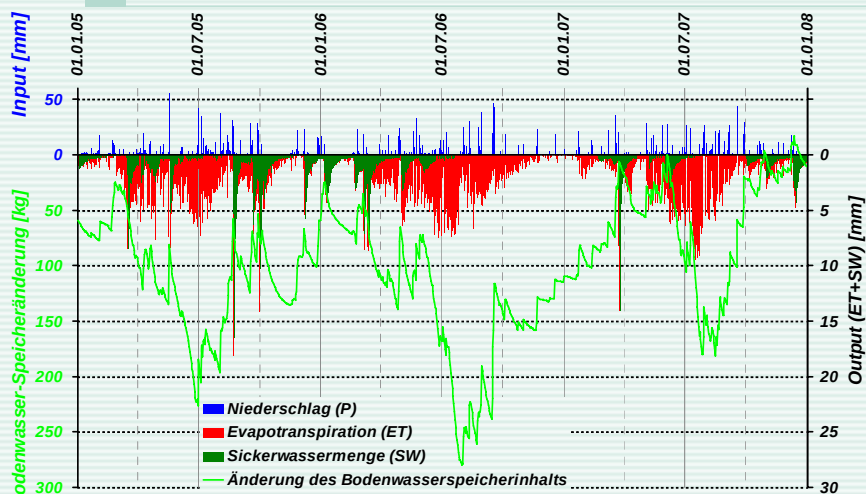
39

ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Tageswerte der Wasserbilanzparameter (BIO)



40

ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Inhalt

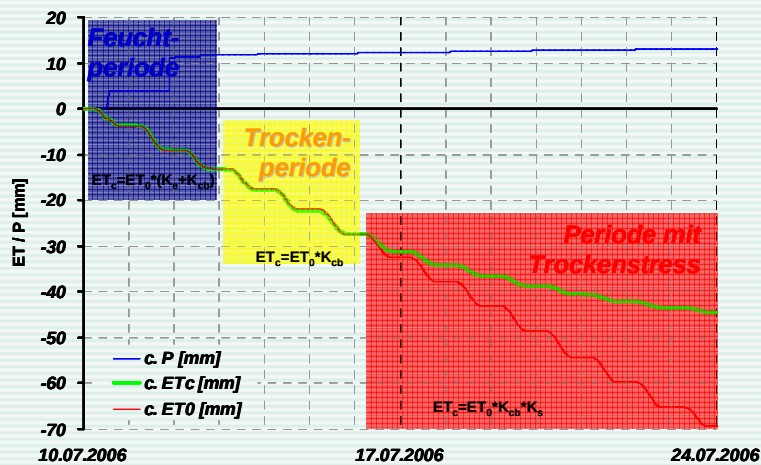
- **Einleitung**
- **Die Forschungsstation Wagna-Präzisions - Feldlysimeter**
 - ➔ Konzept
 - ➔ Komponenten
 - ➔ Implementation
- **Erfassung der standörtlichen Wasserbilanzglieder**
 - ➔ Niederschlag und Versickerung
 - ➔ Präzisionslysimeter zur Verdunstungsmessung
- **Verdunstungsleistung unterschiedlicher Kulturen**
 - ➔ Kalibrierung der Pflanzenkoeffizienten
 - ➔ Vergleich der Verdunstungsleistung von Kulturpflanzen
- **Zusammenfassung / Ausblick**

41

ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION

Referenzverdunstung : Pflanzenverdunstung

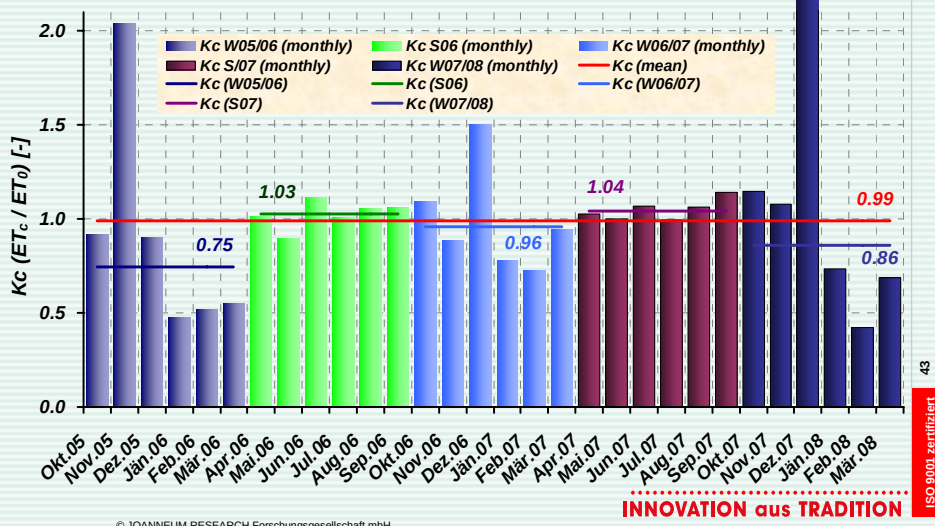


42

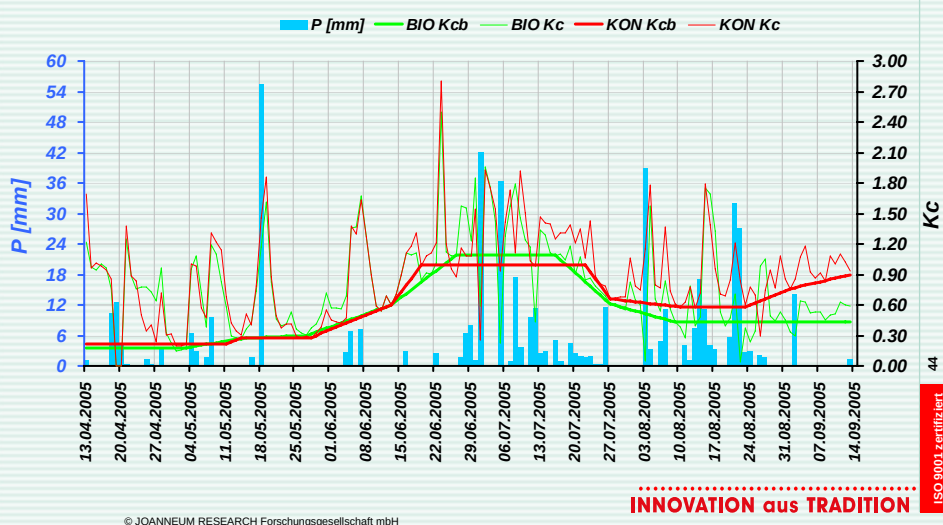
ISO 9001 zertifiziert

INNOVATION aus TRADITION

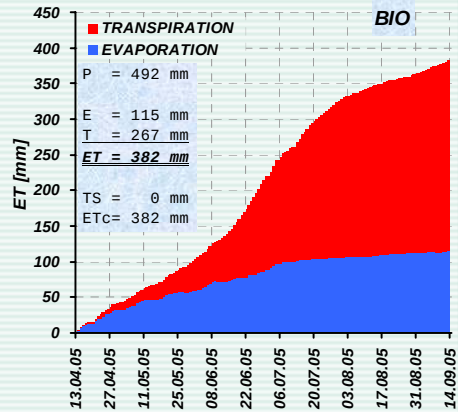
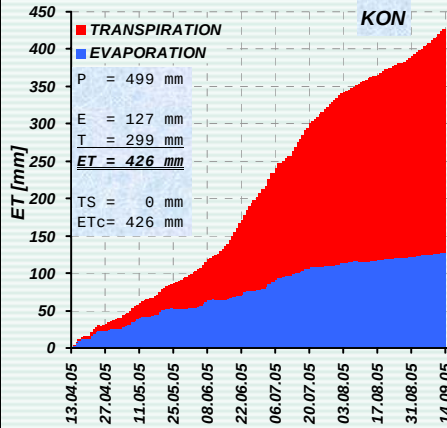
Pflanzenkoeffizient (Kc) für Gras



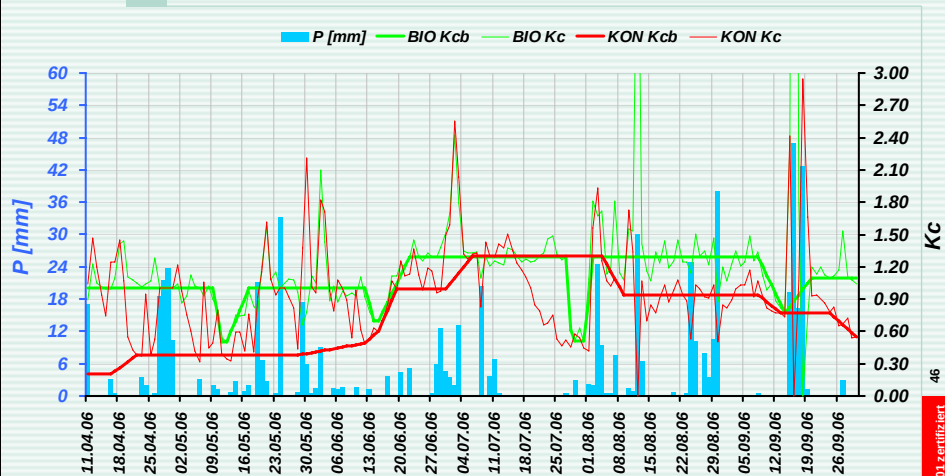
Pflanzenkoeffizienten Kürbis konventionell – organisch biologisch



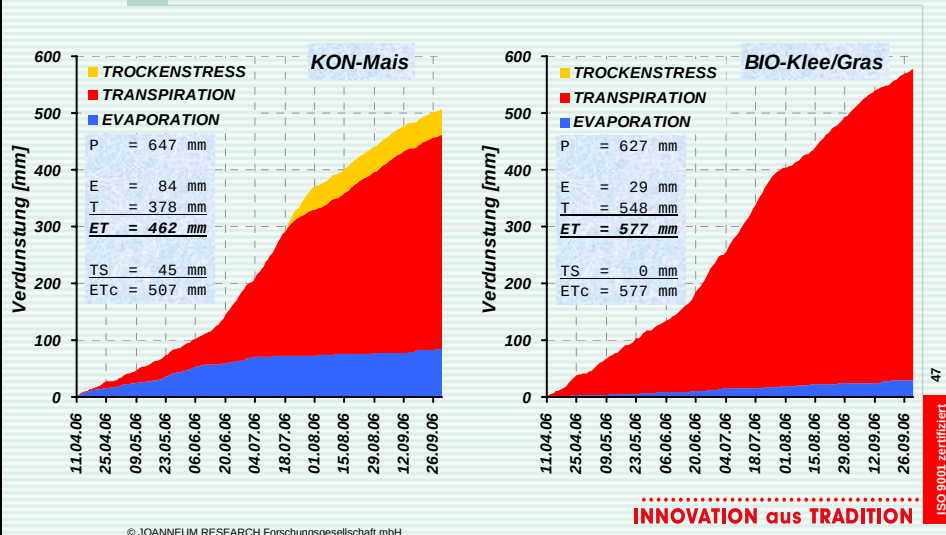
Verdunstungskomponenten Kürbis konventionell – organisch biologisch



Pflanzenkoeffizienten KON = Mais; BIO = Klee/Gras



Verdunstungskomponenten KON = Mais; BIO = Klee/Gras

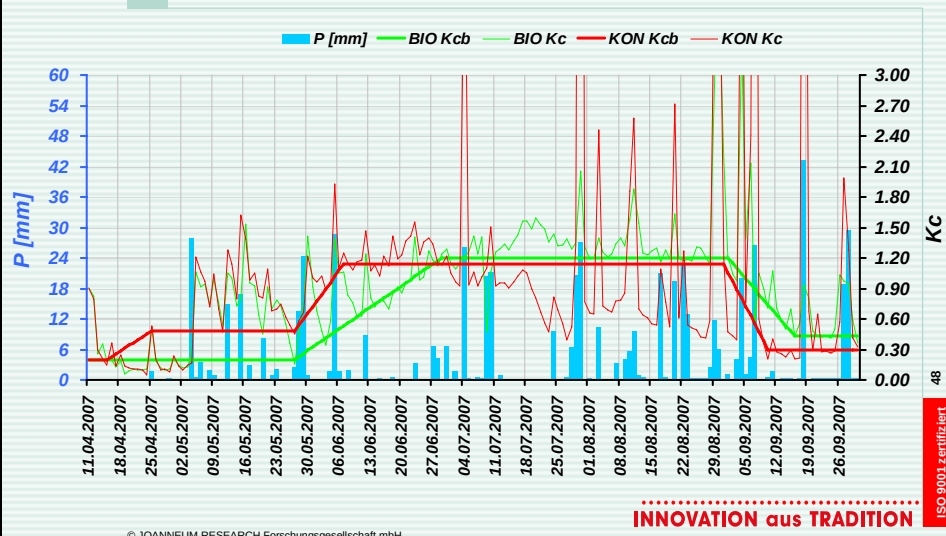


INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

47

Pflanzenkoeffizienten Mais konventionell – organisch biologisch

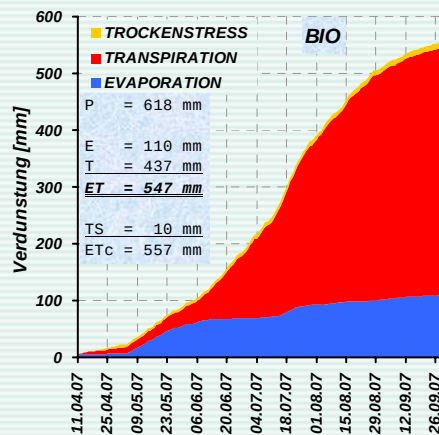
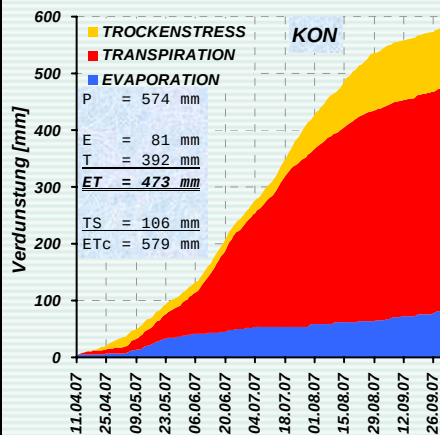


INNOVATION aus TRADITION

ISO 9001 zertifiziert

48

Verdunstungskomponenten Mais konventionell – organisch biologisch



Inhalt

- Einleitung
- Die Forschungsstation Wagna-Präzisions - Feldlysimeter
 - Konzept
 - Komponenten
 - Implementation
- Erfassung der standörtlichen Wasserbilanzglieder
 - Niederschlag und Versickerung
 - Präzisionslysimeter zur Verdunstungsmessung
- Verdunstungsleistung unterschiedlicher Kulturen
 - Kalibrierung der Pflanzenkoeffizienten
 - Vergleich der Verdunstungsleistung von Kulturpflanzen
- Zusammenfassung / Ausblick

Herausforderungen für die Zukunft

■ Präzisionslysimeter zur Quantifizierung der Prozesse an den Interfaces

- ➔ Atmosphäre – Pflanze
- ➔ Pflanze – Boden
- ➔ Boden – Ungesättigte Zone
- ➔ Ungesättigte Zone – Grundwasser

■ Als Grundlage für die Erfassung des Stoffkreislaufes

■ Basis für die Prognose mittels numerischer Modelle

- ➔ der Auswirkung unterschiedlicher Bewirtschaftungsformen
- ➔ der Auswirkung von climate change Effekten auf den Bodenwasser- und Stoffhaushalt

INNOVATION aus TRADITION

Ergebnisse, deren Dokumentation und Diskussion

■ www.lysimeter.com

- ➔ Wagna – Technische Beschreibung
- ➔ Ergebnisse aus Wagna in Form von Präsentationen und Berichten
- ➔ MMM-Konferenz (Monitoring-Modelling-Management) im Jänner 2007 Graz
- ➔ Seminar "Wasser-kreislaufparameter" März 2008 Seggau
- ➔ European Lysimeter Platform Europäische Forschungsstationen mit Kontaktadressen und Forschungsergebnissen



Ergebnisse, deren Dokumentation und Diskussion

www.lysimeter.at

- Lysimeter Research Group wissenschaftlicher Verein mit freier Mitgliedschaft
- 180 Mitglieder aus 37 Nationen
- Lysimeterexkursion im September 2008
- 13. Gumpensteiner Lysimetertagung im April 2009
- EGU Session 2009
- Workshop 2010 "Modelle und deren Validierung an Lysimeterdaten"



INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

53

ISO 9001 zertifiziert

Das beste Lysimeter ist das, das man nicht sieht



INNOVATION aus TRADITION

© JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

54

ISO 9001 zertifiziert