

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Partner of

Economy

johann.fank@joanneum.at
www.joanneum.at

Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria

.....
INNOVATION aus TRADITION

Geoökologisches Kolloquium

Wägbare Feldlysimeter zur Ermittlung standörtlicher Wasserbilanz- und Stoffbilanzparameter

Johann Fank

07. Juli 2006

Braunschweig

johann.fank@joanneum.at
www.joanneum.at

Elisabethstraße 16/II, A-8010 Graz, Austria

.....
INNOVATION aus TRADITION

Inhalt

- **Einleitung**
- **Wägbare Feldlysimeter**
 - ➔ Konzept
 - ➔ Komponenten
 - ➔ Implementation
- **Messdaten und Auswertemethoden**
- **Wasser- und Stoffbilanzierung**
- **Modellvalidierung**
- **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 und
gasförmige Verluste

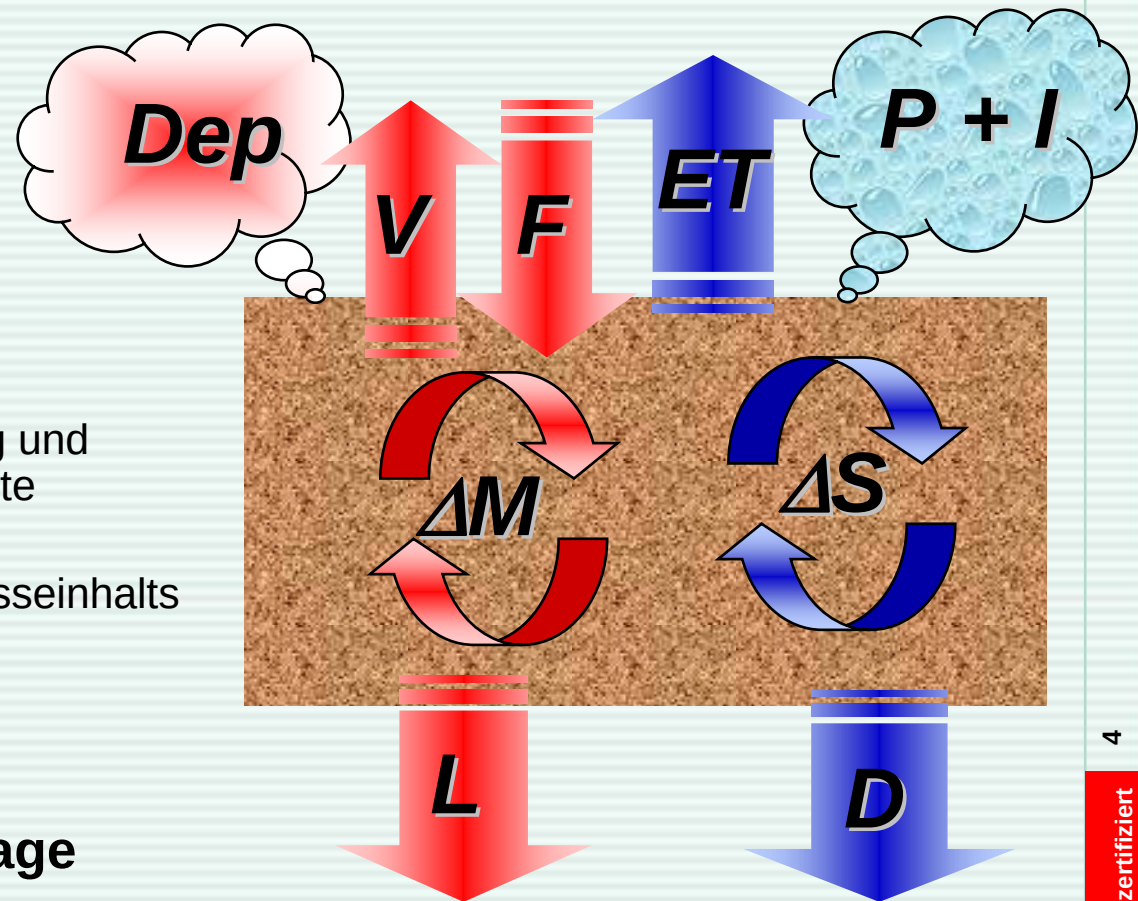
L = Auswaschung

ΔM = Änderung des Masseinhalts

$$\rightarrow Dep = P * P_c + I * I_c$$

$$L = D * D_c$$

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: PHREEKC)

.....
INNOVATION aus TRADITION

Messung und Modellierung

- Prognose der Auswirkung menschlicher Maßnahmen auf unterschiedliche Kompartimente der Umwelt
- Nachbildung natürlicher Prozesse durch numerische Modelle
- Messdaten zur Kalibration der numerischen Modelle
- Regionalisierung von Ergebnissen

■ Untersuchungsraum

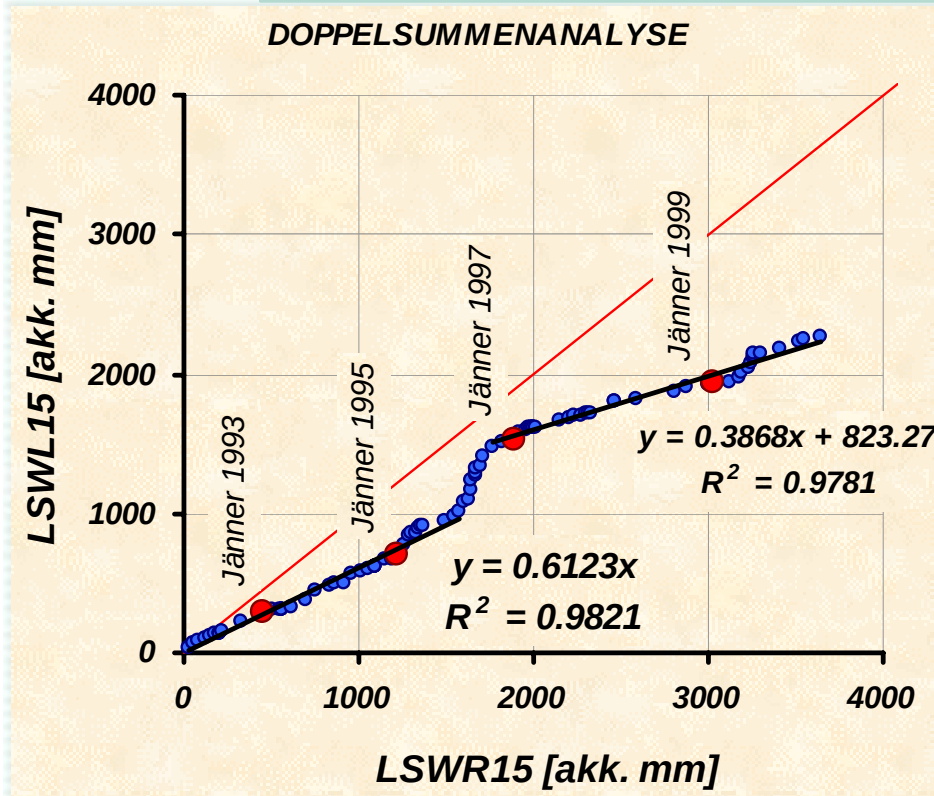
- ➔ Porenraum; Blatt
- ➔ Bodenproben (Stechzylinder); Pflanze
- ➔ Lysimeter; BHMP
- ➔ Feld, Versuchsanlagen
- ➔ Region, Einzugsgebiet

■ Modellrelevanz

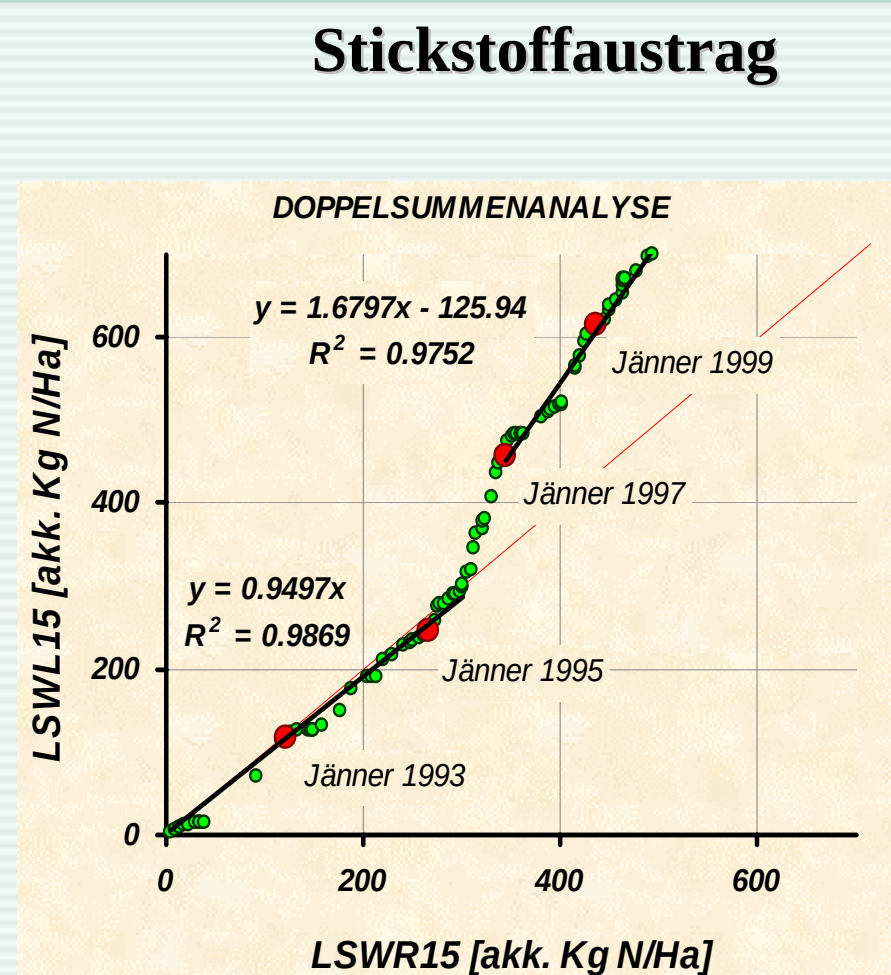
- ➔ Physikalische Modeldefinition
- ➔ Parameterdefinition
- ➔ Modellentwicklung
- ➔ Modellüberprüfung
- ➔ Modellanwendung

.....
INNOVATION aus TRADITION

Messdatengewinnung über lange Zeiträume lässt viele Fragen offen



Sickerwassermenge



LSWR15 [akk. Kg N/Ha]

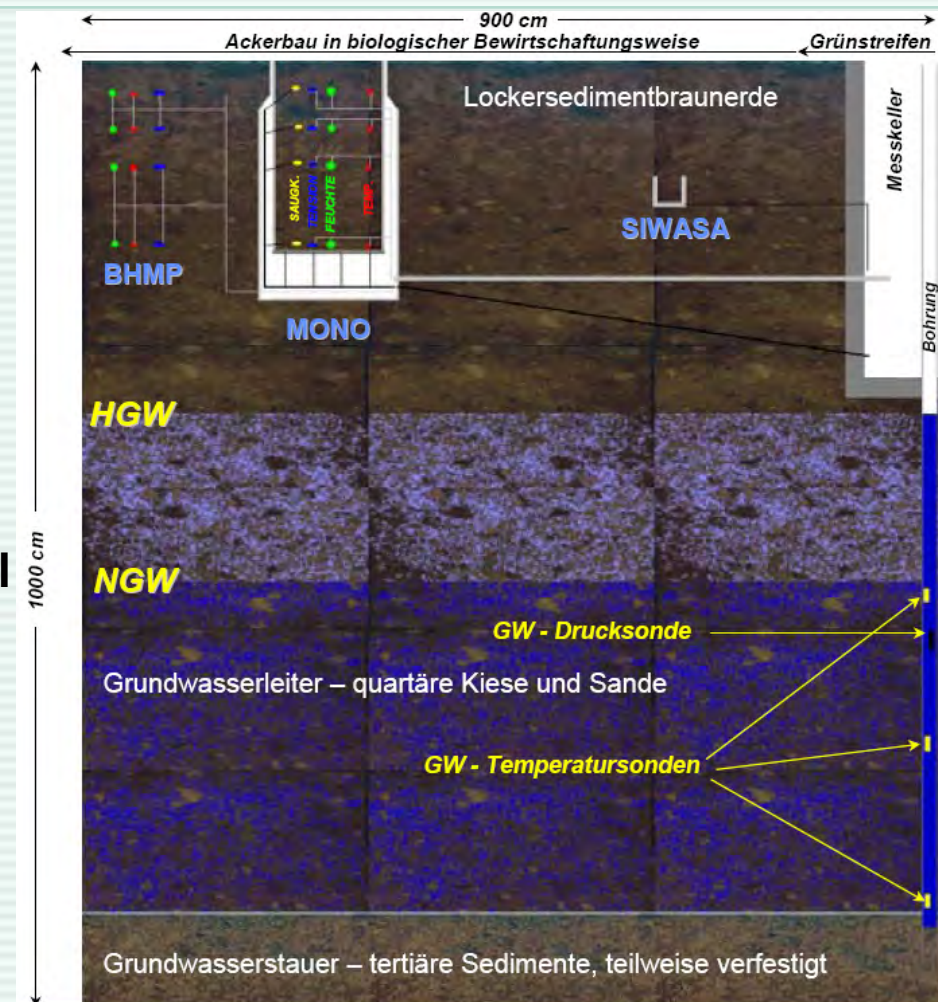
.....
INNOVATION aus TRADITION

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
- N – Messung als wichtigste Inputgröße ist ein spezifisches Problem
- Erfassung der Grundwasserverhältnisse
- Überprüfung der erfassten Daten (und ev. Fehler) durch kontinuierliche Überwachung (Video – System)

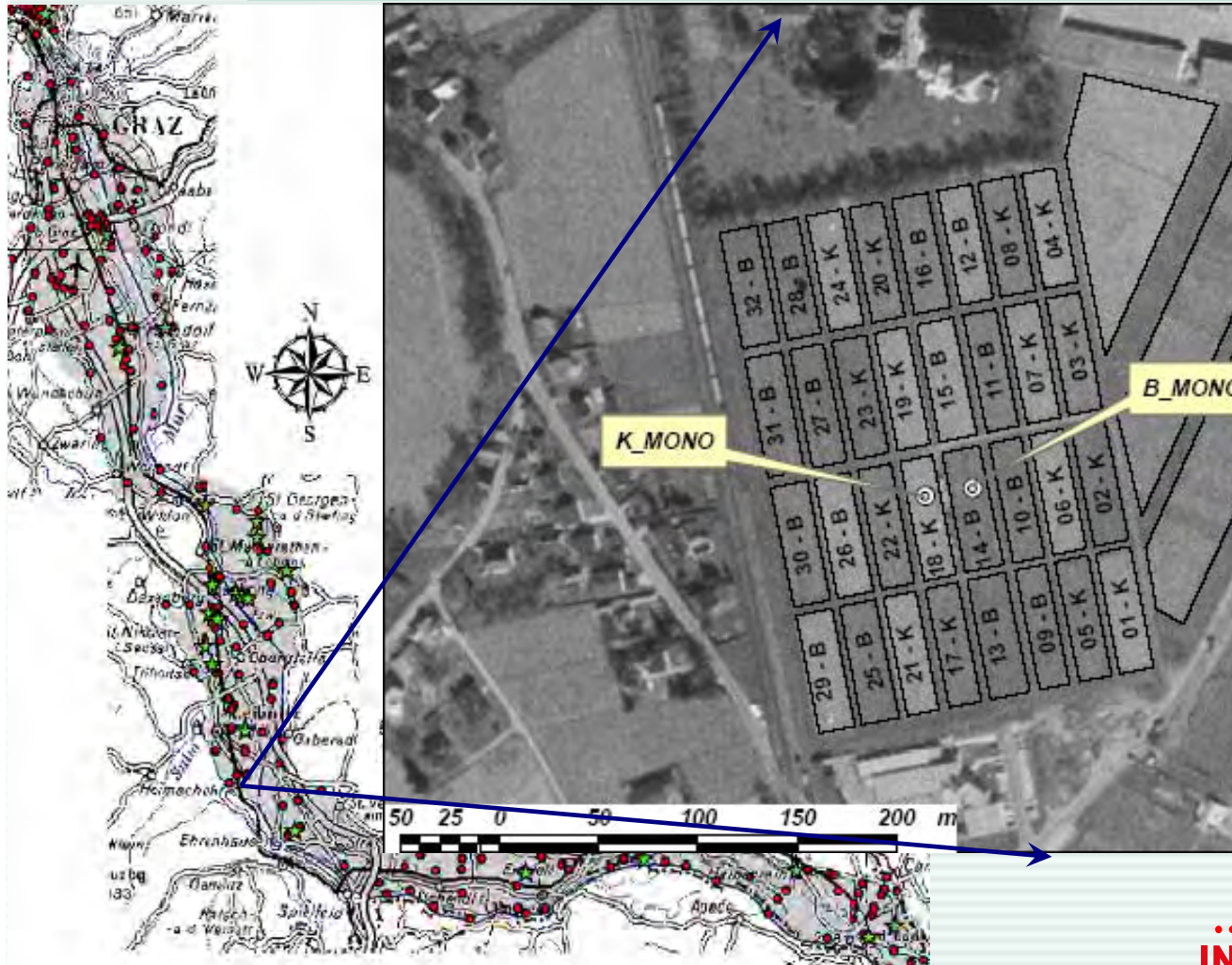
Konzept Wagna Neu (München 2004)

- **Wägbare, monolithische Lysimeter**
 - ➔ bis 2 m Tiefe – Einbau im Versuchsfeld
 - ➔ Maschinelle und ortsübliche Bearbeitung
 - ➔ Steuerung des Unterdrucks über Profilmessungen
 - ➔ Videoüberwachung zur Bestandskontrolle
- **Bodenhydrologisches Messprofil**
- **Wetterstation (Penman–Monteith)**
- **N-Messung**
 - ➔ Im Bestand,
 - ➔ auf Bodenniveau (Wippe)
 - ➔ durch Waage (Pluviometer)
 - ➔ durch Wippe (Standard)
- **GW - Monitoring**



INNOVATION aus TRADITION

Landwirtschaftliches Versuchsfeld WAGNA



Latitude 46.7 ° N
Longitude 344.5 ° W
Altitude 266.7 m a.s.l.
Extent 300 x 200 m

36 Test fields (20 x 50 m)
K – conventional farming
B - organic farming

2 lysimeters
K_MONO
B_MONO

Groundwater
Flow Direction N – S
Overburden 3.5 – 5.0 m
Thickness 3.5 – 5.0 m
Hydr. Cond. $3.3 \cdot 10^{-3}$ m/s
Flow velocity ~ 1 – 2 m/d

.....
INNOVATION aus TRADITION

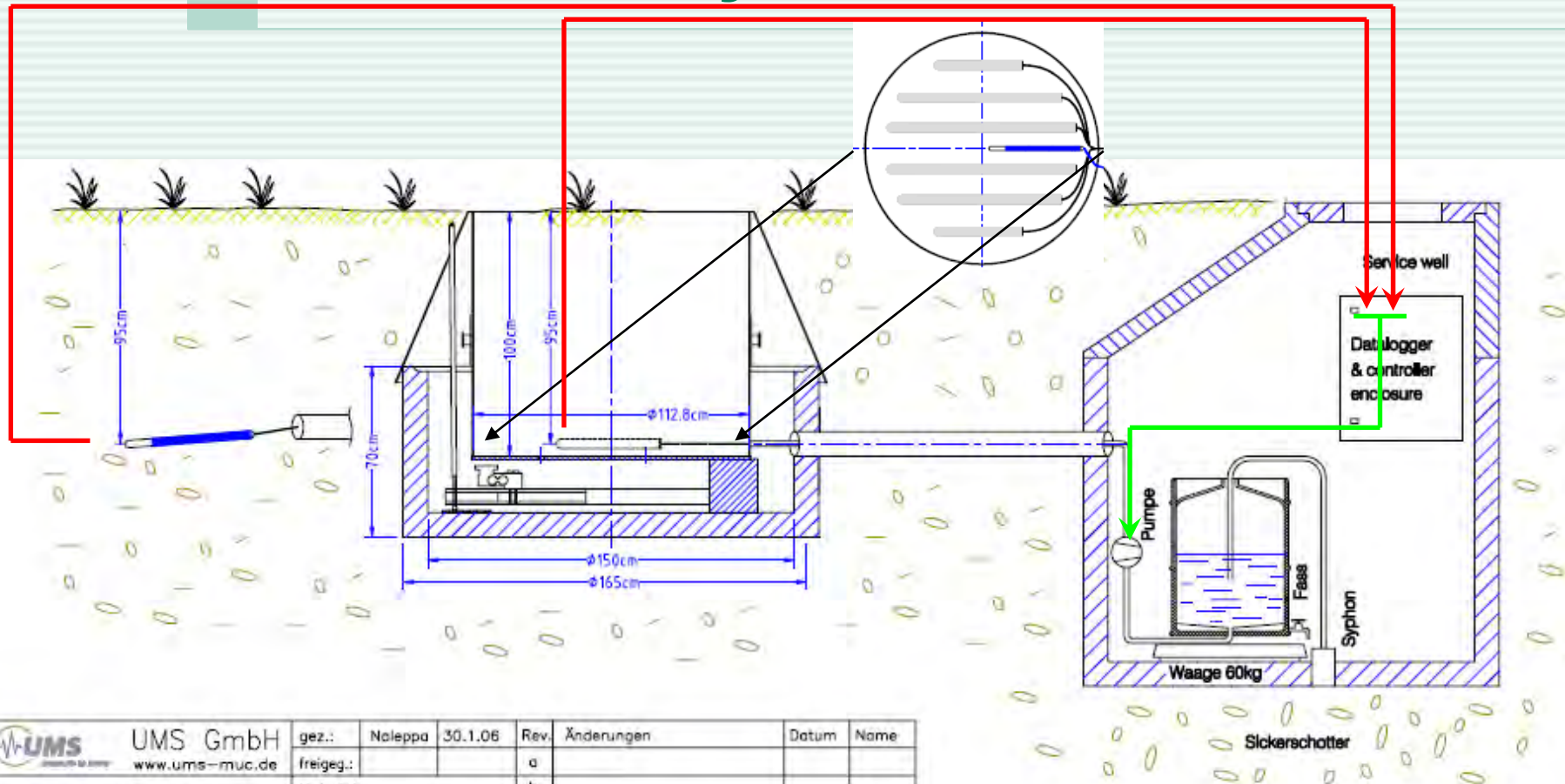
Wiegeeinrichtung und Justage



Lysimeterbau: Anpassung der Randbedingung an natürliche Verhältnisse

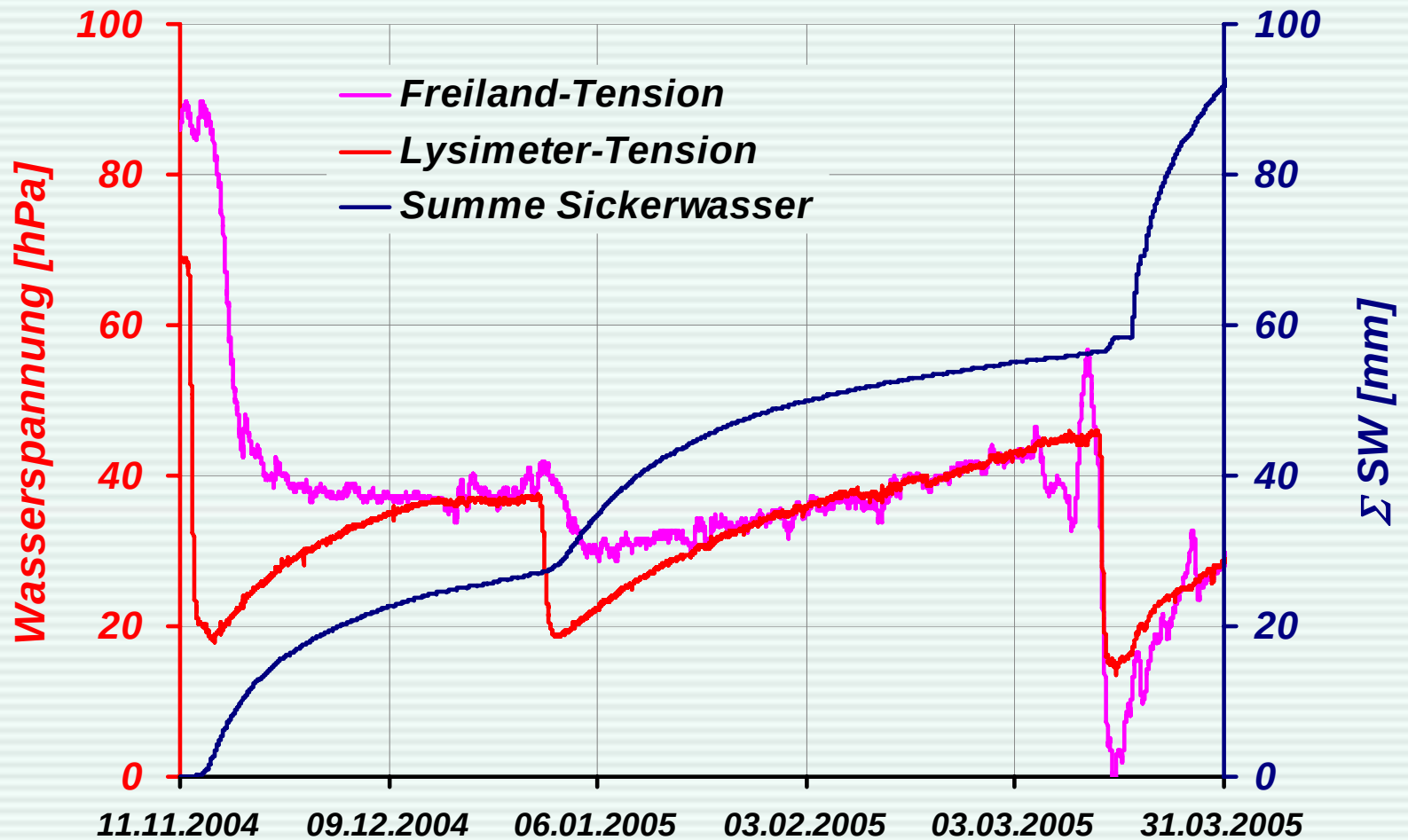


Potentialübertragung Freiland / Lysimeter



 UMS GmbH www.ums-muc.de Hydrologie-Lysimeter Projekt: Wagner, Dr. Fank	gez.:	Naleppa	30.1.06	Rev.	Änderungen	Datum	Name
	freigegeben:			a			
	Material:			b			
	Maßstab:	ca. 1:30		c			
	Zeichnung:			d			
© Eigentumsverbehalt: Die Zeichnung ist Eigentum der UMS GmbH und darf nicht an Dritte weitergegeben werden					e		

Freilandmessung / Lysimetermessung



INNOVATION aus TRADITION

Sickerwasserregistrierung

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



Lysimetergewinnung mit Materialsortierung



Begleitende Bodenprofilaufnahme



Lysimeterereinbau



SHMP: *soil hydrologic
measurement profile*

MONO: *monolithic lysimeter
200 cm deep*

removeable ring

soil sensors

rods for fine tuning

*precision –
load cells*

*cables, suction cups
drainage*

.....
INNOVATION aus TRADITION

Lysimeterkontrolle mittels Videoüberwachung

2004.11.17



2005.02.03



2005.03.16



2005.04.07



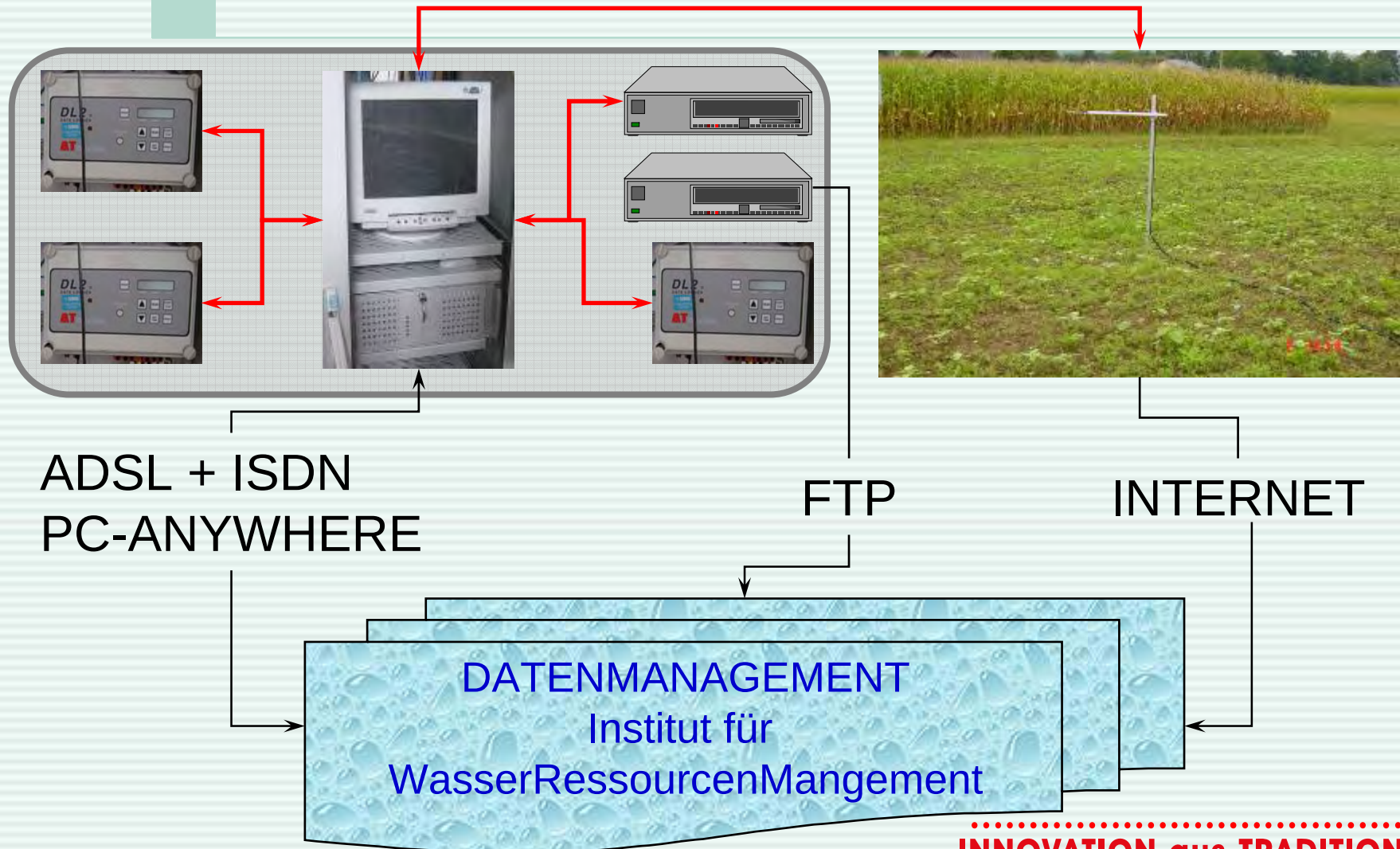
Maschinelle Bewirtschaftung



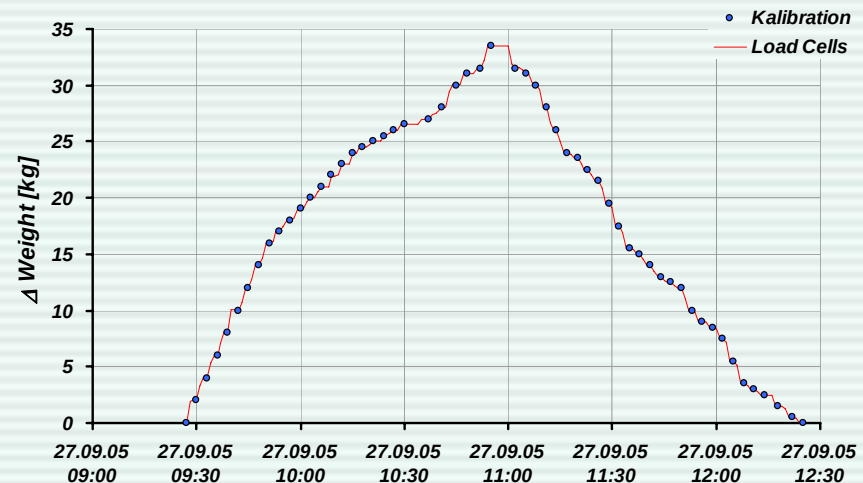
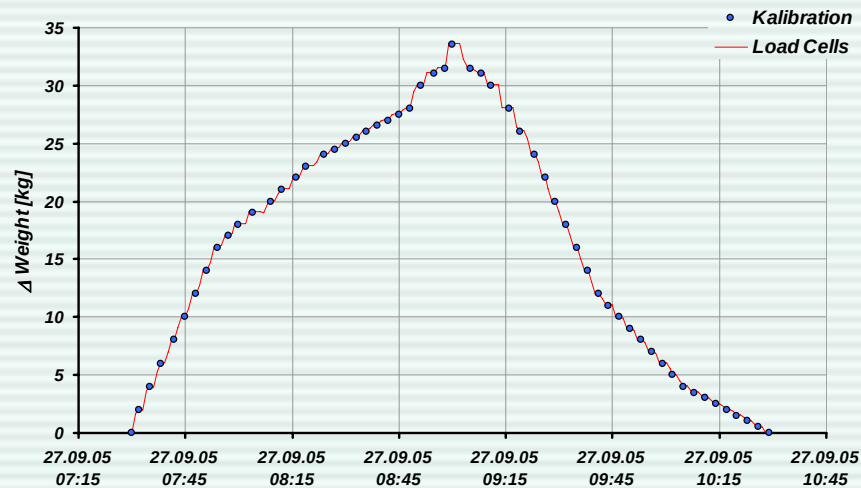
Lysimeter - Inbetriebnahme



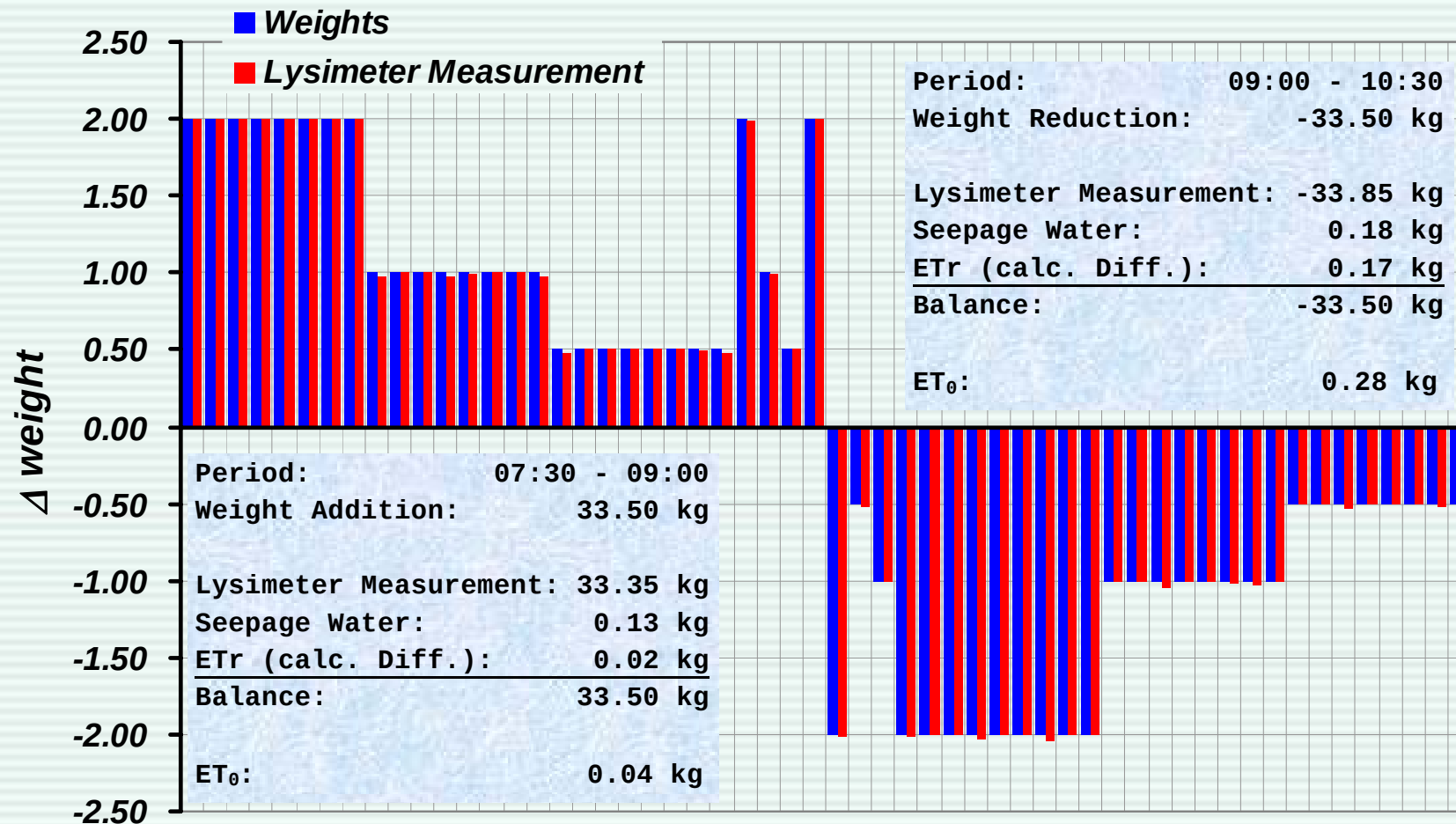
Schema des Datenmanagements



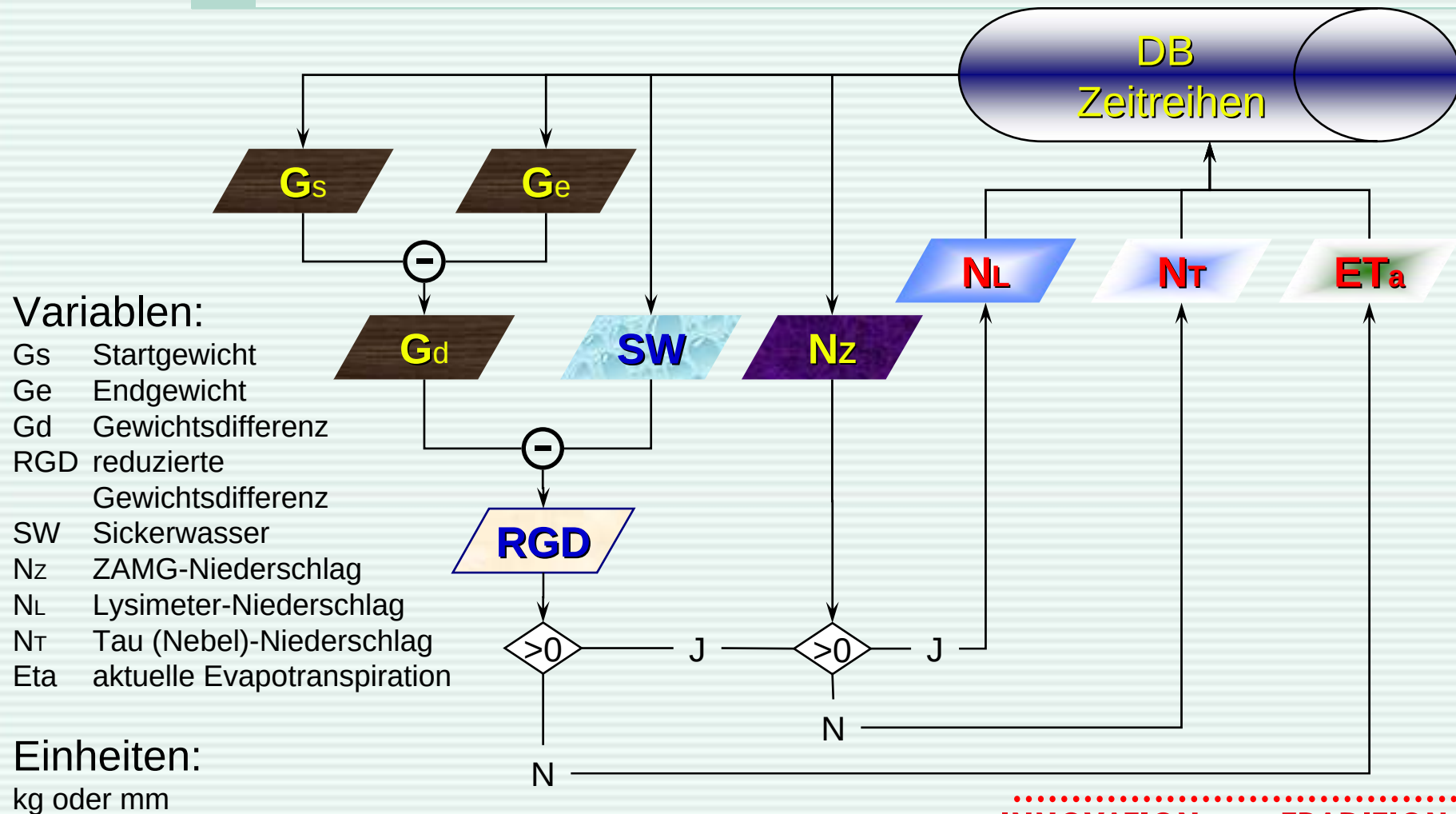
Kontrolle der Wiegegenauigkeit (2005.09.27)



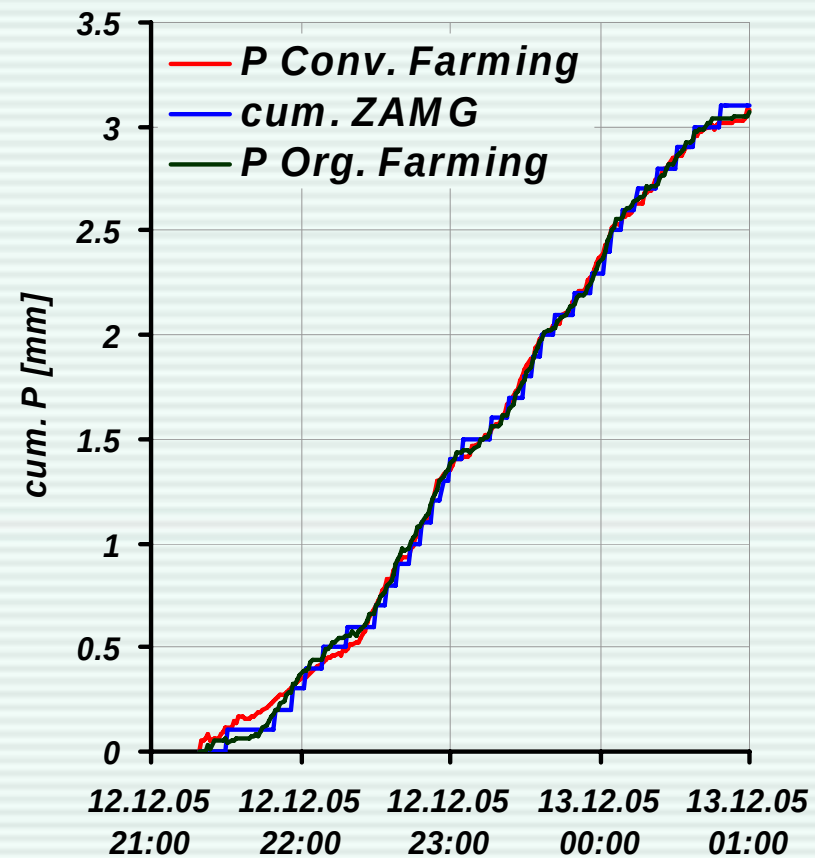
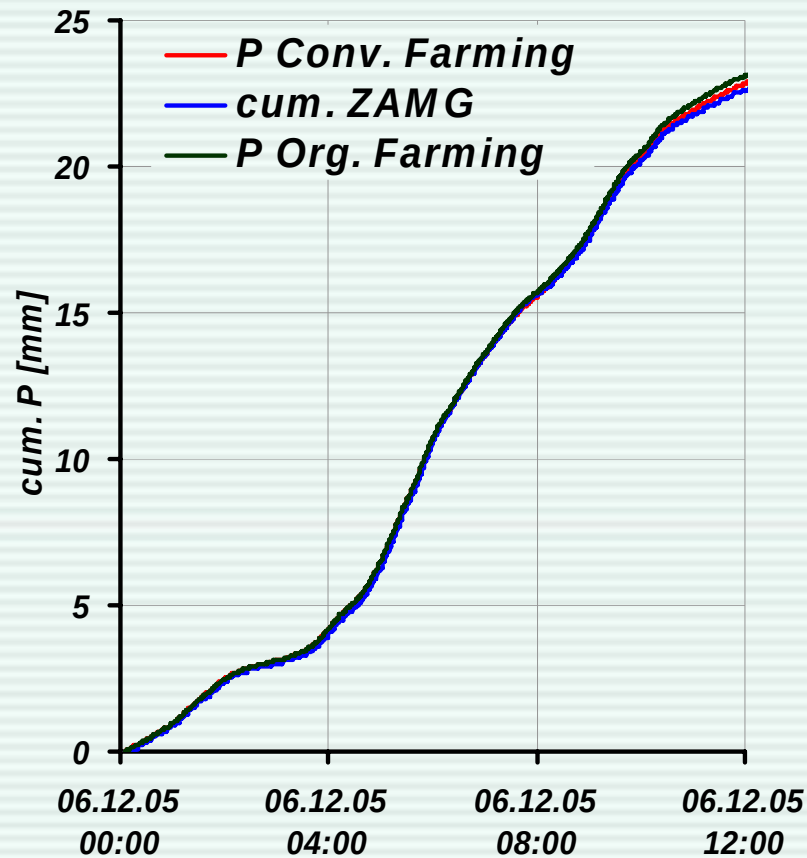
Auswertung der Kalibration (2005.09.27)



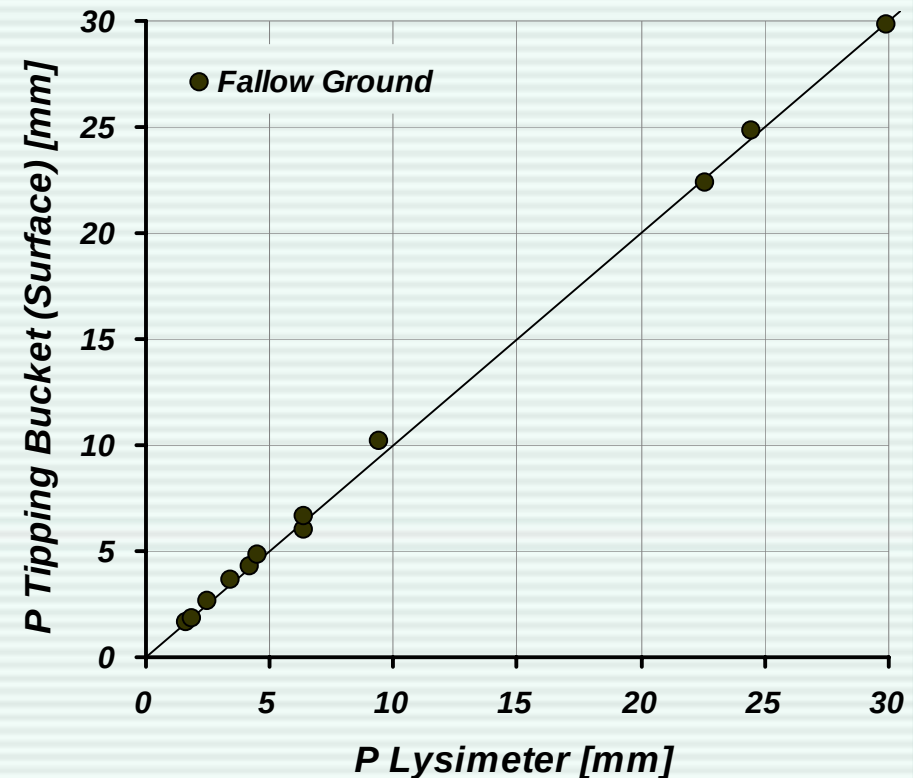
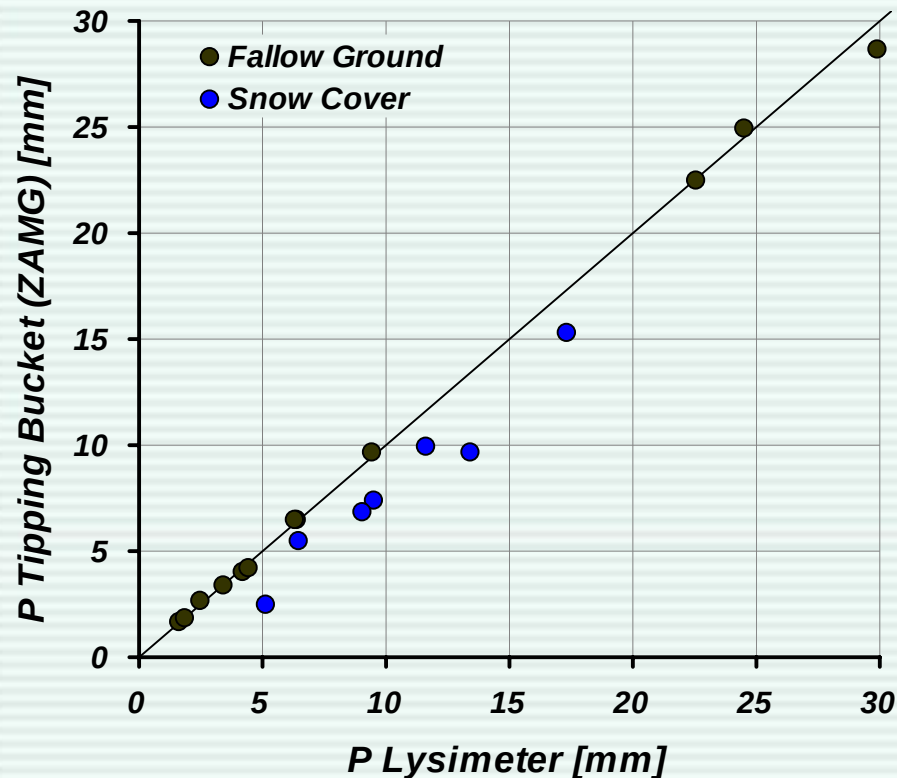
Auswertung Gewichtsmessung für 1 Zeitschritt



Niederschlagsmessung (1 Minuten Messintervall)



Niederschlagsmessung (Vergleich Regen – Schnee)



Under Estimation of Snow Precipitation > 20 %

.....
INNOVATION aus TRADITION

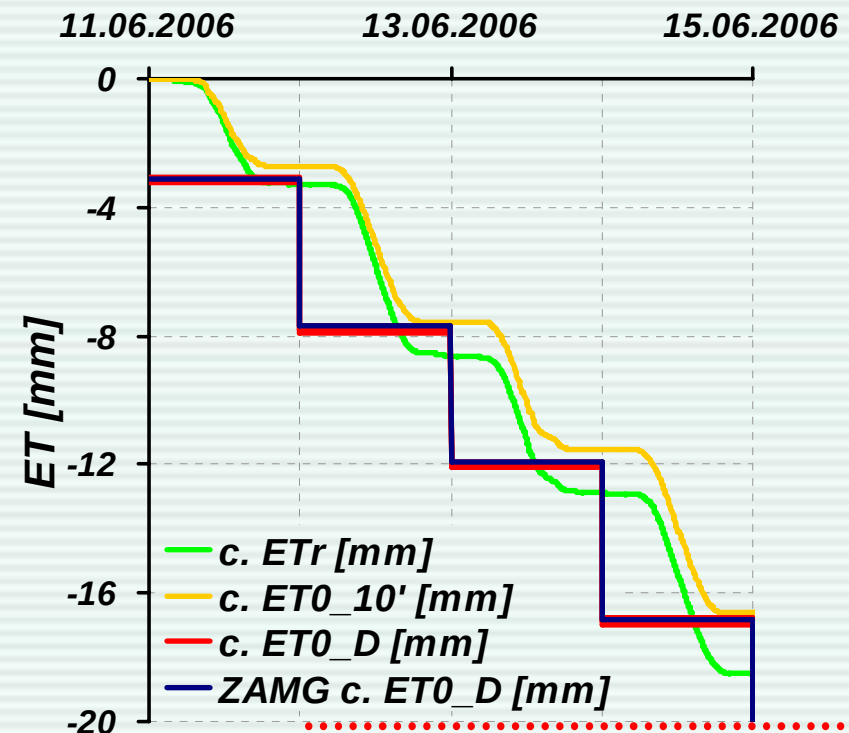
Wasserbilanz Modellierung der Verdunstung

■ Berechnung der Gras – Referenzverdunstung (ET_0) nach FAO-Penman-Monteith

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

■ Überprüfung der Formel bzw. der eingesetzten Messinstrumente für meteorologische Parameter durch Lysimetermessungen

- ➔ Wägbare Lysimeter
- ➔ Gewichtsauflösung <0.1 mm
- ➔ Zeitlich hoch aufgelöste Messungen (<1 Minute)



INNOVATION aus TRADITION

Wasserbilanz

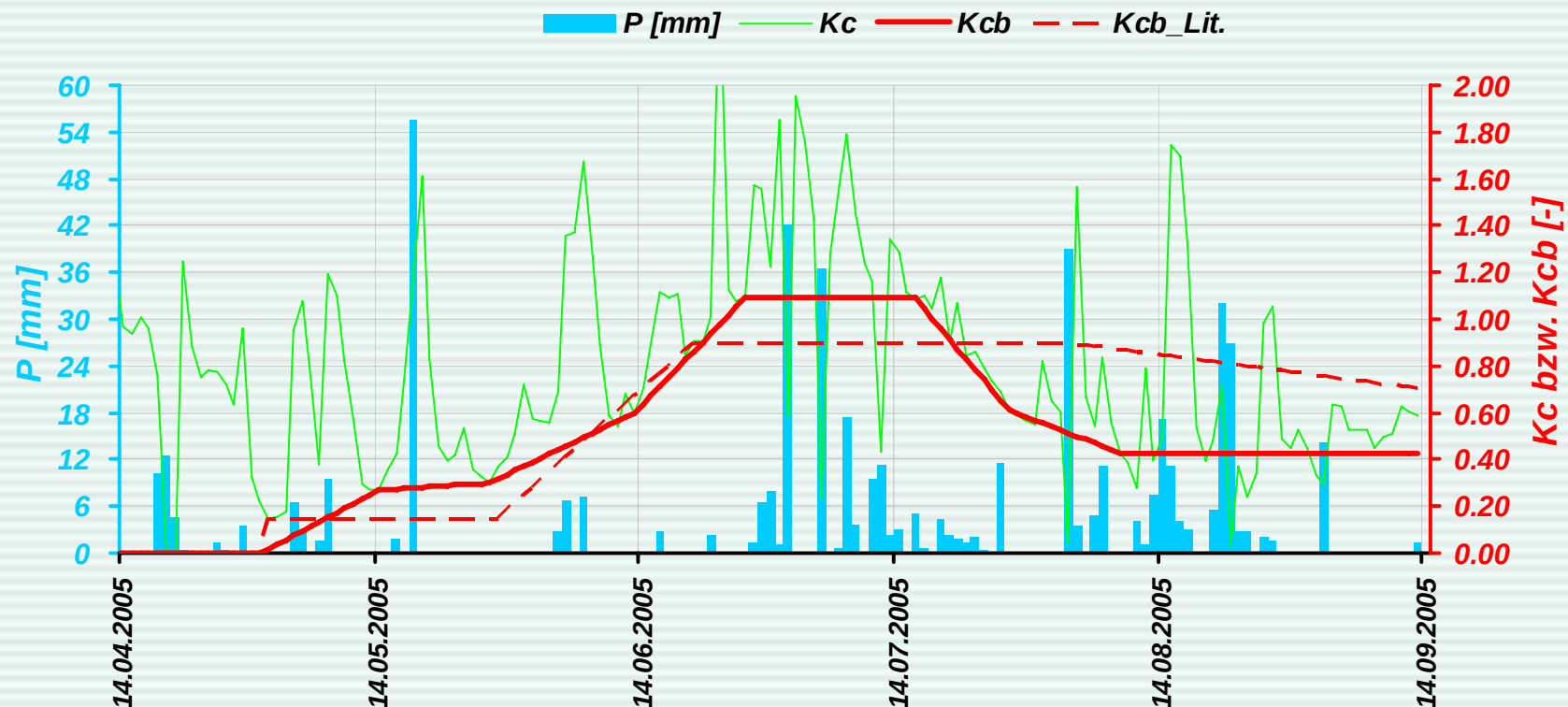
Modellierung der Verdunstung

Berechnung der Pflanzenverdunstung (ETc) mittels Pflanzenfaktoren (Kc)

$$ETc = ET_0 * Kc$$

$$T = ET_0 * Kcb;$$

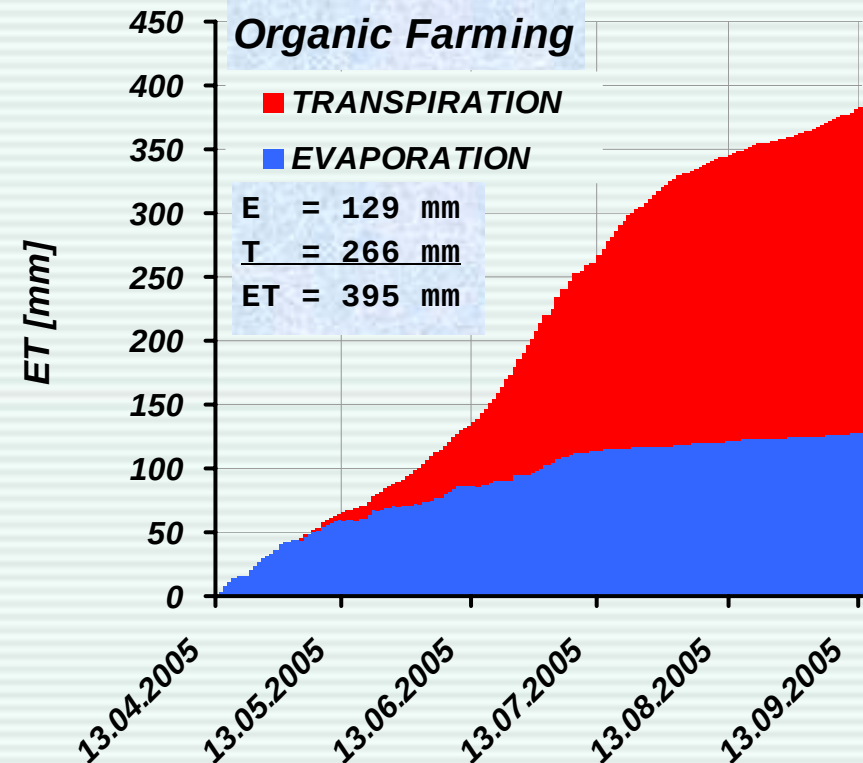
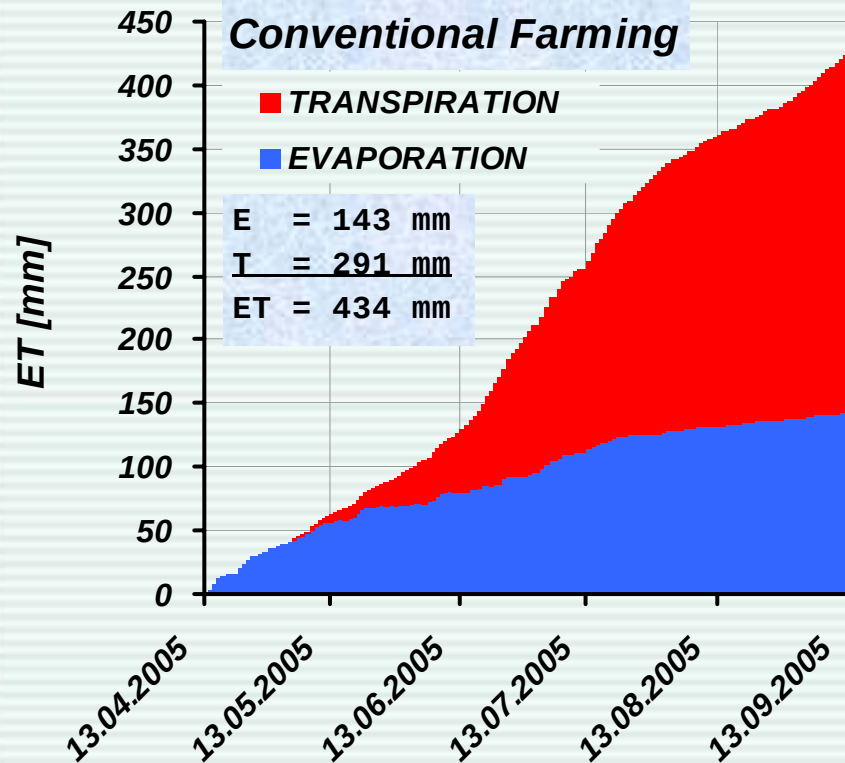
$$E = ET_0 * Ke; Ke = Kc - Kcb$$



INNOVATION aus TRADITION

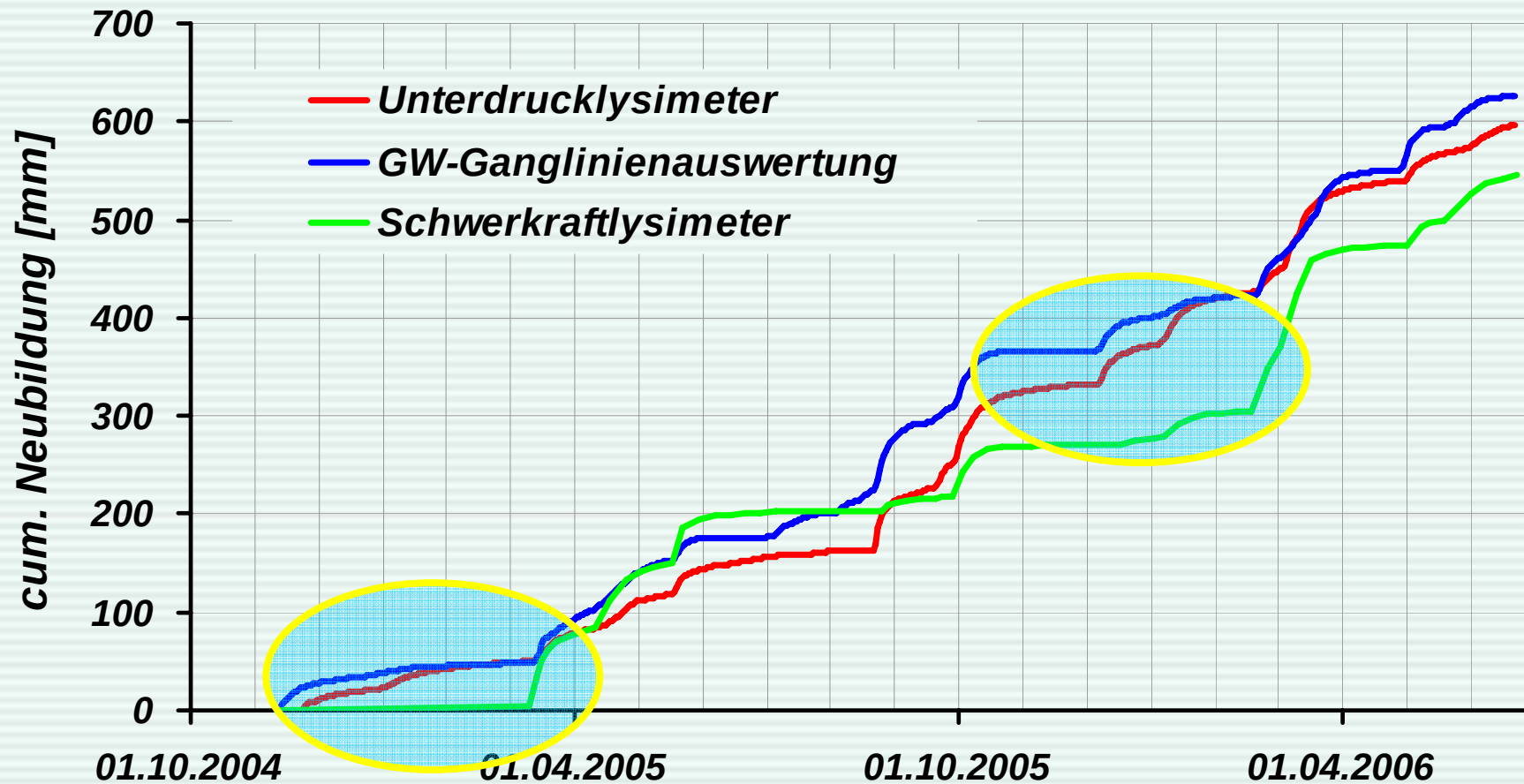
Bilanzierung der Verdunstungskomponenten

Gesamtverdunstung und Verdunstungskomponenten von Ölkürbis am Versuchsfeld Wagna (Steiermark – Österreich) bei unterschiedlicher Bewirtschaftung

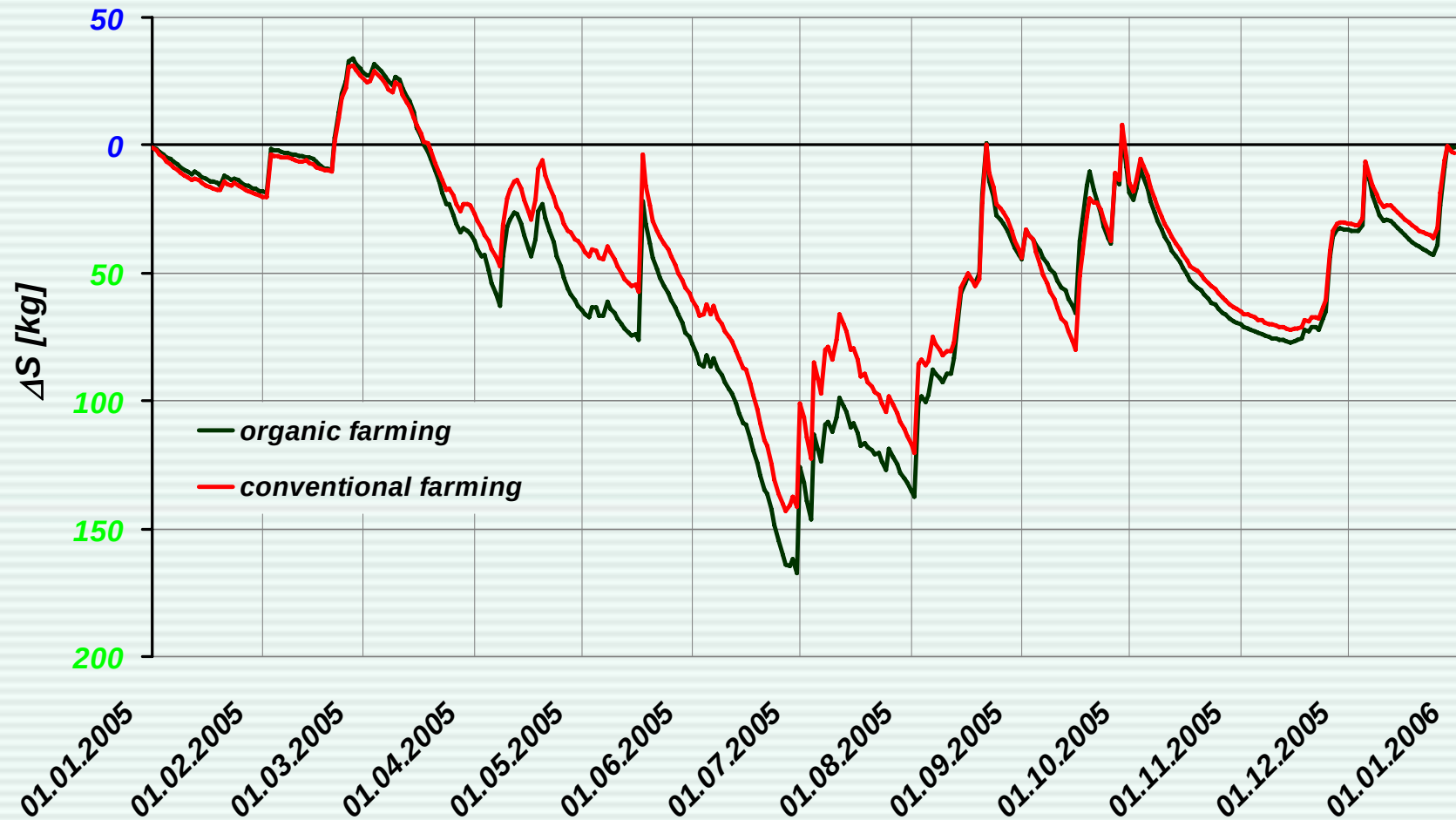


.....
INNOVATION aus TRADITION

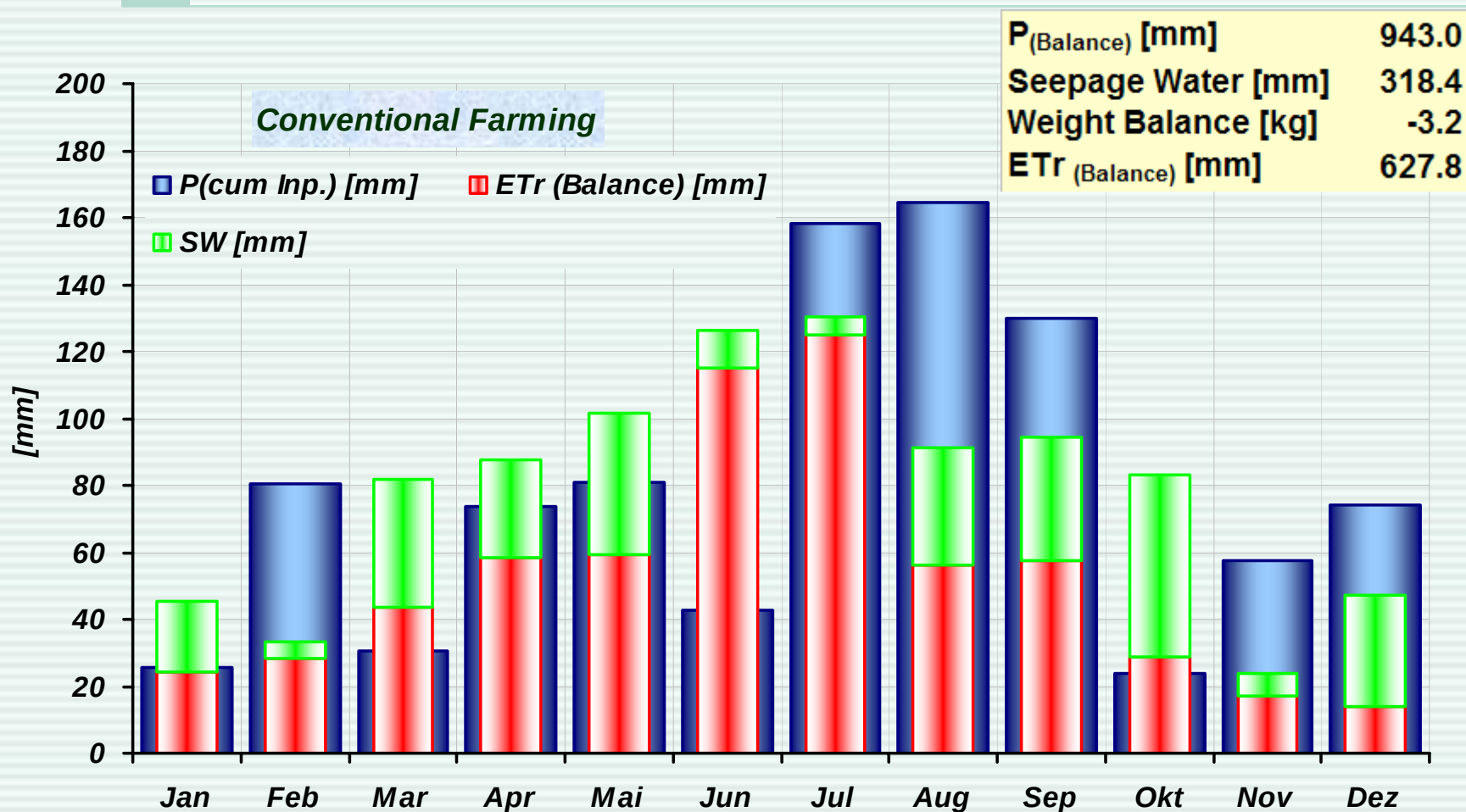
Ermittlung der Grundwasserneubildung



Änderung des Wassergehaltes (Vergleich der beiden Lysimter)



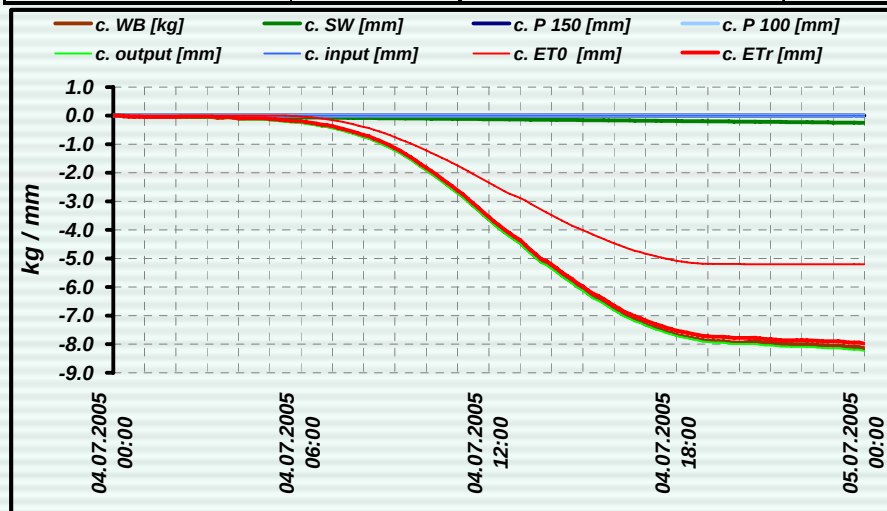
Wasserbilanz 2005



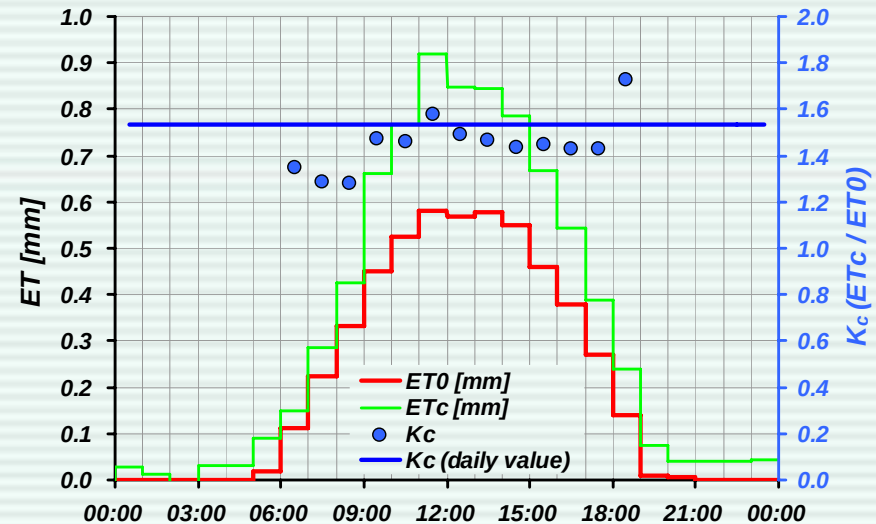
Tages-Wasserbilanz (04. Juli 2005)

- Wasserbilanzparameter berechnet aus den Wiegedaten, Messdaten der Sickerwassermenge und meteorologische Daten

conventional cultivation		04. Jul. 2005	
Prec. P ₁₅₀ [mm]	0.00	Weight Balance WB [kg]	-8.14
Prec. P ₁₀₀ [mm]	0.00	ET _r (P ₁₀₀ - SW - WB) [mm]	7.89
Prec. P (cum. input) [mm]	0.00	ET ₀ (FAO) [mm]	5.20
Seepage Water SW [mm]	0.25	ET _r (cum. output - SW) [mm]	7.98



- ET₀ berechnet aus meteorologischen Daten
- ET_c aus den Lysimetergewichten
- Pflanzenkoeffizient ($K_c = ETr/ET_0$)
 - Tageswerte
 - Stundenwerte



INNOVATION aus TRADITION

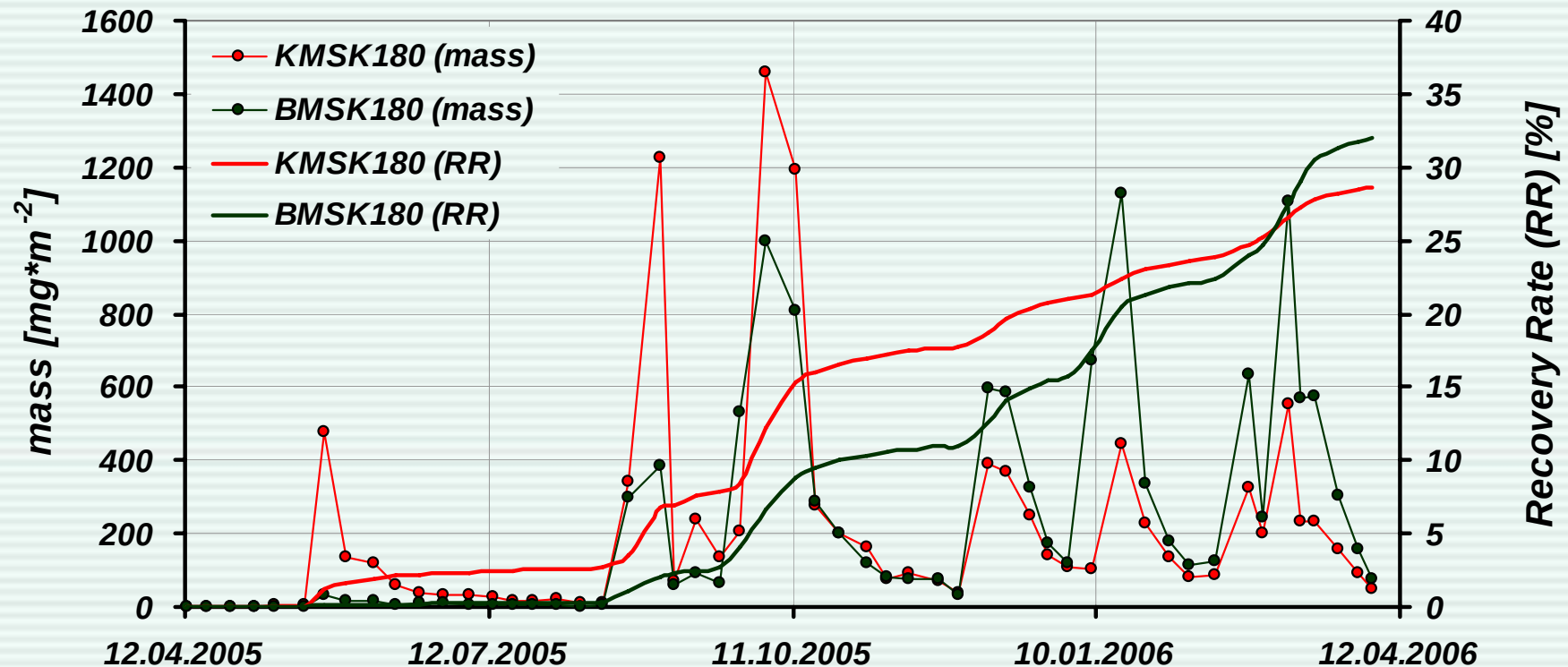
Tracerversuch zur Klärung der Frage des Makroporenflusses nach der Entnahme



	ORGANIC FARMING		CONVENTIONAL FARMING	
	Inner Circle	Outer Circle	Inner Circle	Outer Circle
Area [m ²]	0.5	0.5	0.5	0.5
Tracer	² H	NaBr	² H	NaBr
Tracer Amount	10 ml 99.8 %	50 g	10 ml 99.8 %	50 g
Solution Amount	1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml
Start Time	12.04.2005 16:46	12.04.2005 17:00	12.04.2005 16:53	12.04.2005 17:09
End Time	12.04.2005 16:48	12.04.2005 17:01	12.04.2005 16:55	12.04.2005 17:11
Weight Difference [kg]	0.98	0.98	0.99	0.98

.....
INNOVATION aus TRADITION

Tracer Durchbruchskurven (Vergleich der beiden Lysimeter)



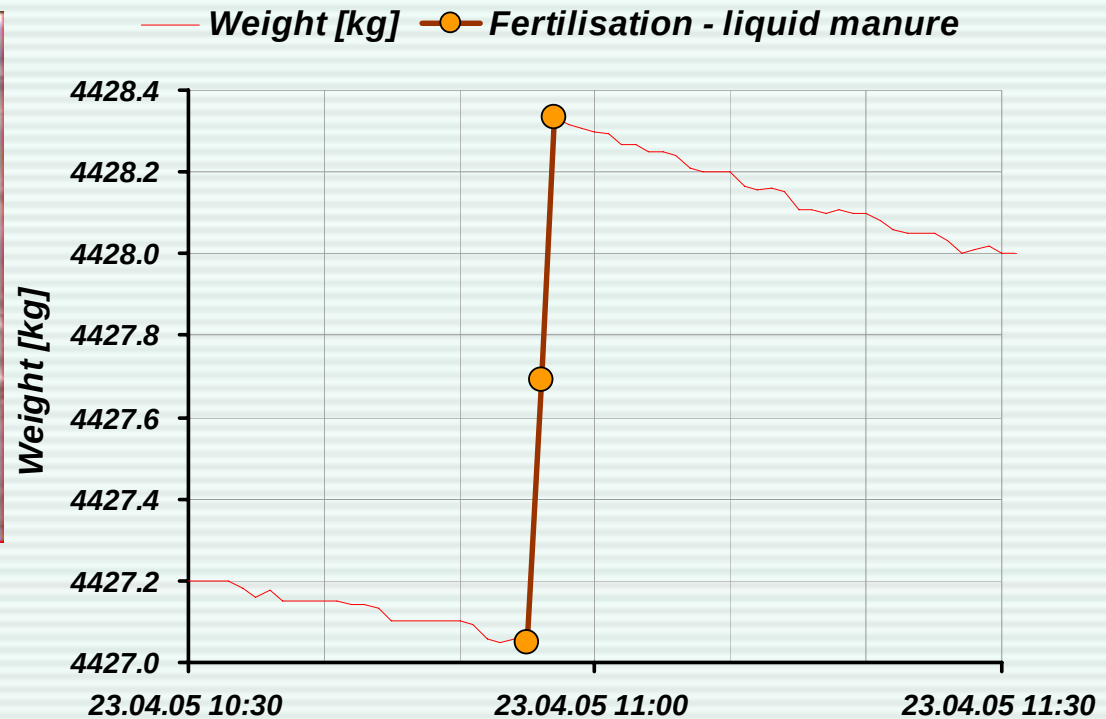
Gülledüngung (23. April 2005)



10:55 – 10:57

$\Delta \text{ weight} = 1.382 \text{ kg}$

$\sim 12.830 \text{ kg} * \text{ha}^{-1}$



Pflanzenentzug zur Ernte (13. September 2006)

Sample	organic farming				conventional farming				
	Tendrill	Pumpkin seeds	Pumpkin pulp	cum. sum	rotten pumpkin	Tendrill	Pumpkin seeds	Pumpkin pulp	cum. sum
Dry weight [kg/m ²]	0.030	0.141	0.366	0.537	0.053	0.036	0.091	0.139	0.319
Harvesting weight [kg/m ²]	0.033	0.233	6.544	6.810	0.097	0.042	0.147	1.847	2.133
Water content [kg/m ²]	0.003	0.092	6.178	6.273	0.044	0.006	0.056	1.708	1.814
Nitrogen (Kjehldahl) [g/100g]	1.560	5.890	1.965		4.890	1.500	5.580	1.595	
	[kg/ha]	82.891	72.010	159.576	25.898	5.450	50.856	22.095	104.299
Phosphorus [g/100g]	0.180	1.000	0.185		1.050	0.300	1.140	0.290	
	[kg/ha]	14.073	6.780	21.392	5.561	1.090	10.390	4.017	21.058
Potassium [g/100g]	0.740	0.520	3.815		1.700	0.930	0.660	4.620	
	[kg/ha]	7.318	139.806	149.341	9.004	3.379	6.015	63.999	82.396
Calcium [g/100g]	4.420	0.050	0.655		0.820	3.590	0.060	0.350	
	[kg/ha]	0.704	24.003	37.951	4.343	13.042	0.547	4.848	22.781
Carbon [g/100g]	61.200	95.300	83.750		86.100	64.000	94.700	82.400	
	[kg/ha]	1341.176	3069.136	4593.692	456.003	232.512	863.096	1141.446	2693.057
Magnesium [g/100g]	0.280	0.390	0.205		0.450	0.260	0.460	0.140	
	[kg/ha]	5.489	7.513	13.840	2.383	0.945	4.192	1.939	9.460
Boron [mg/1000g]	22.400	25.400	48.200		39.500	11.400	22.200	47.250	
	[kg/ha]	0.036	0.177	0.219	0.021	0.004	0.020	0.065	0.111
Manganese [mg/1000g]	316.100	47.800	17.400		115.400	381.600	44.700	7.750	
	[kg/ha]	0.067	0.064	0.226	0.061	0.139	0.041	0.011	0.251
Sodium [mg/1000g]	111.600	13.700	46.550		27.200	138.700	17.600	38.950	
	[kg/ha]	0.033	0.171	0.223	0.014	0.050	0.016	0.054	0.135
Copper [mg/1000g]	12.220	12.250	8.380		15.660	10.350	10.110	7.615	
	[kg/ha]	0.004	0.031	0.052	0.008	0.004	0.009	0.011	0.032
Zinc [mg/1000g]	53.600	99.000	33.850		92.700	51.600	118.800	29.350	
	[kg/ha]	0.139	0.124	0.279	0.049	0.019	0.108	0.041	0.217
Iron [mg/1000g]	8774.000	102.600	288.900		1406.300	10673.900	118.800	120.300	
	[kg/ha]	0.144	1.059	3.832	0.745	3.878	0.108	0.167	4.898

Stoffaustrag ins Grundwasser Lysimeter 2

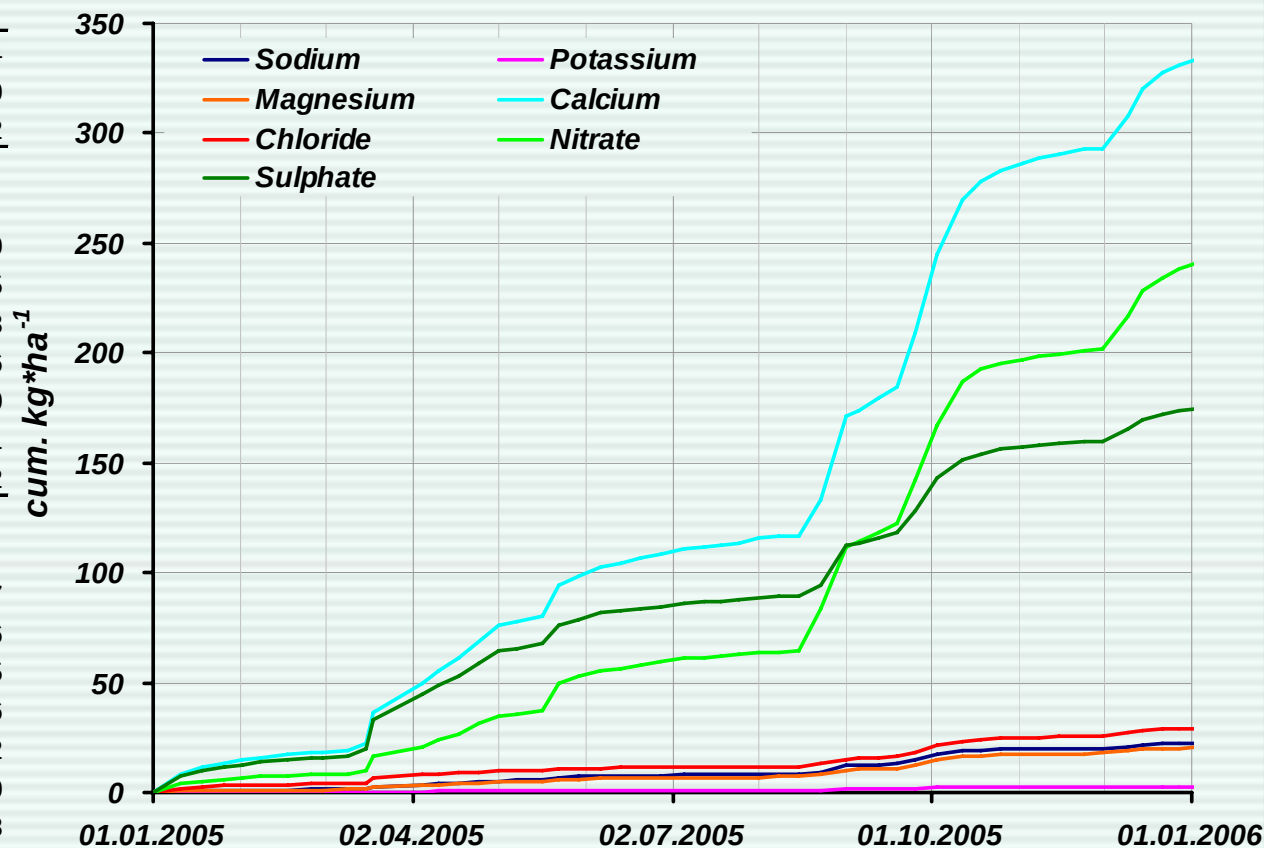
Parameter	Unit	Lysimeter 2
cum. Sum of SW	mm	364
mean value of el. cond.	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	480
mean value of pH	-	7.42

Leaching

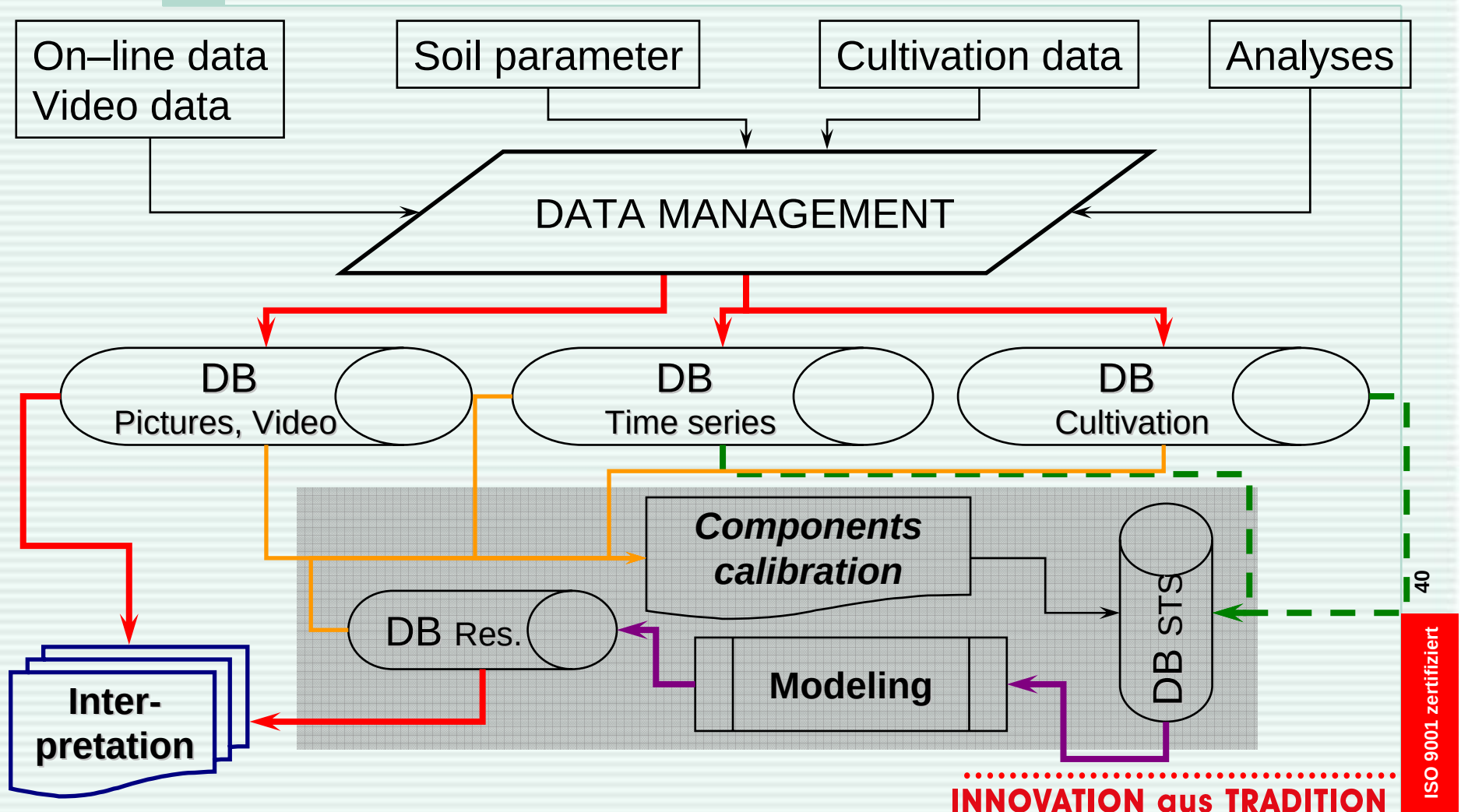
Sodium	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	22.30
Potassium	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	2.65
Magnesium	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	20.38
Calzium	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	333.86
Chloride	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	29.30
Nitrate	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	240.51
Sulphate	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	174.42

Mean Concentration measured

Sodium	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	5.77
Potassium	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.66
Magnesium	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	5.25
Calzium	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	86.06
Chloride	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	7.62
Nitrate	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	57.80
Sulphate	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	47.38

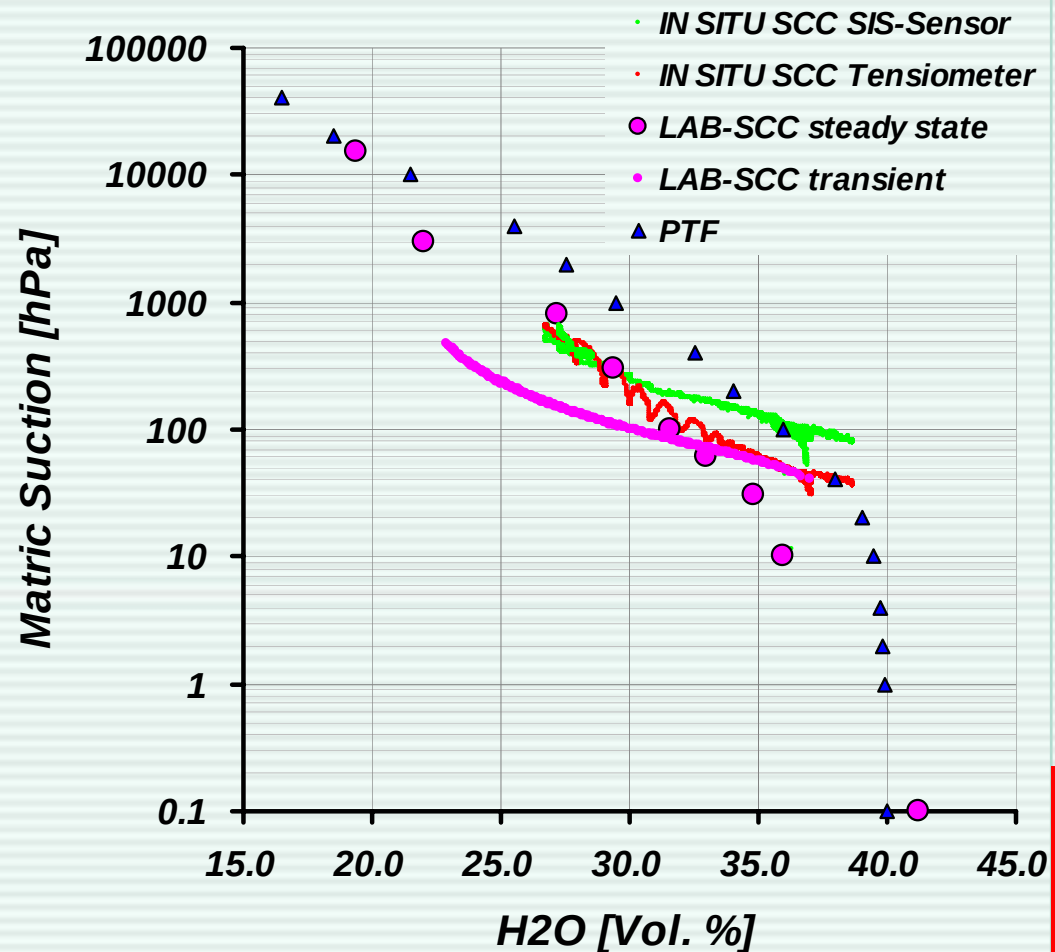


Data flow, data management, data evaluation concept



Wasserbilanz Modellierung Bodenwasserhaushalt

- Berechnung des Durchflusses über Modelle (RICHARDS)
- Parameter aus Labor und Feldmessungen
- Unsicherheiten aufgrund von Inhomogenitäten
- Lysimeter messen den Fluss unter kontrollierten Randbedingungen
- Inverse Modellierung zur Erarbeitung effektiver Parameter

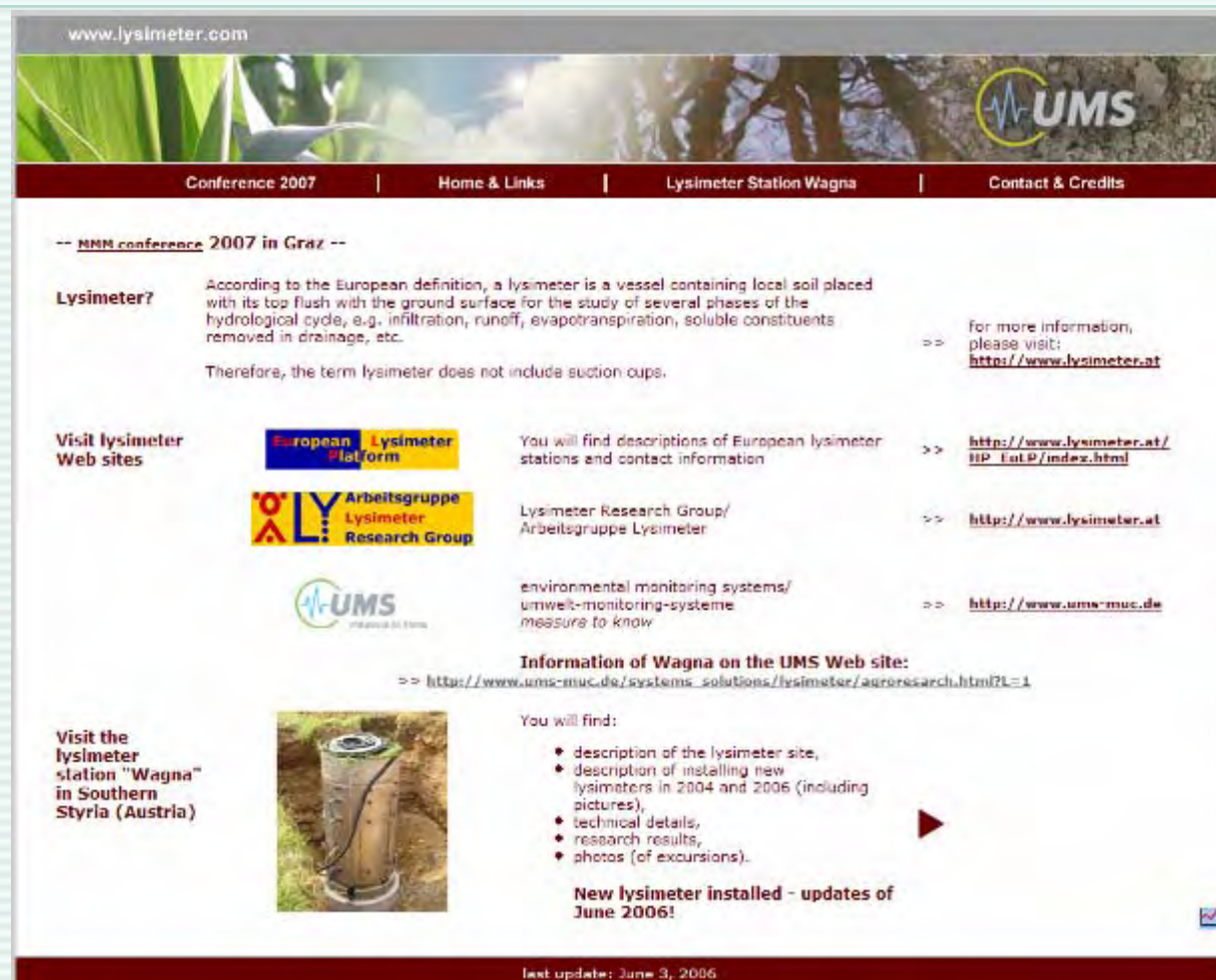


.....
INNOVATION aus TRADITION

Ergebnisse, deren Dokumentation und Diskussion

www.lysimeter.com

- Ergebnisse aus Wagna in Form von Präsentationen
- MMM-Konferenz (Monitoring-Modelling-Management) im Jänner 2007 Graz
- 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

→ 12. Gumpensteiner
Lysimetertagung im
April 2007

→ Workshop
“Modelle und deren
Validierung an
Lysimeterdaten”

geplant 2008 mit
Datensätzen Wagna



Das beste Lysimeter ist das, das man nicht sieht

