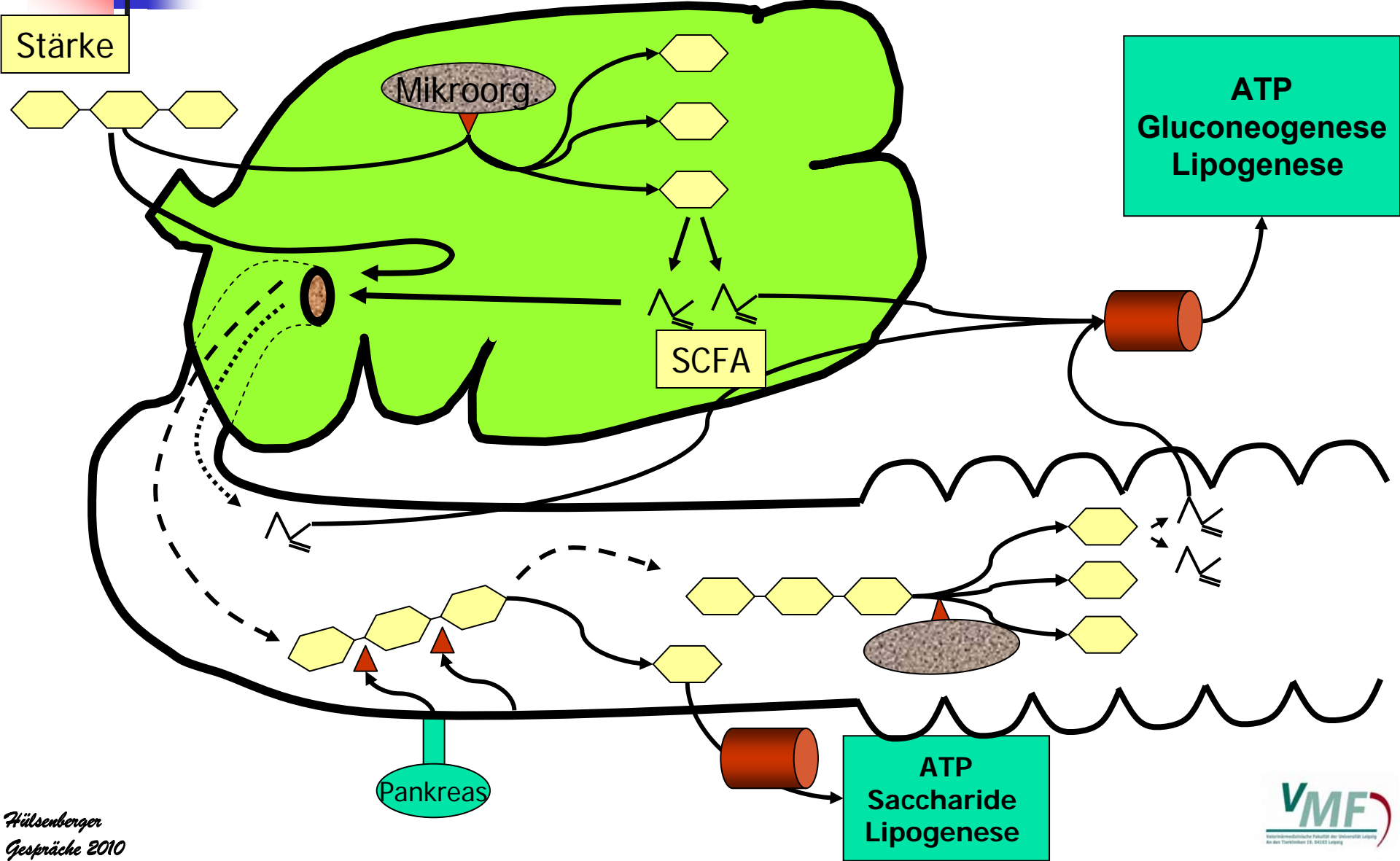


Resorption von Energieträgern: Quantität vs. Qualität

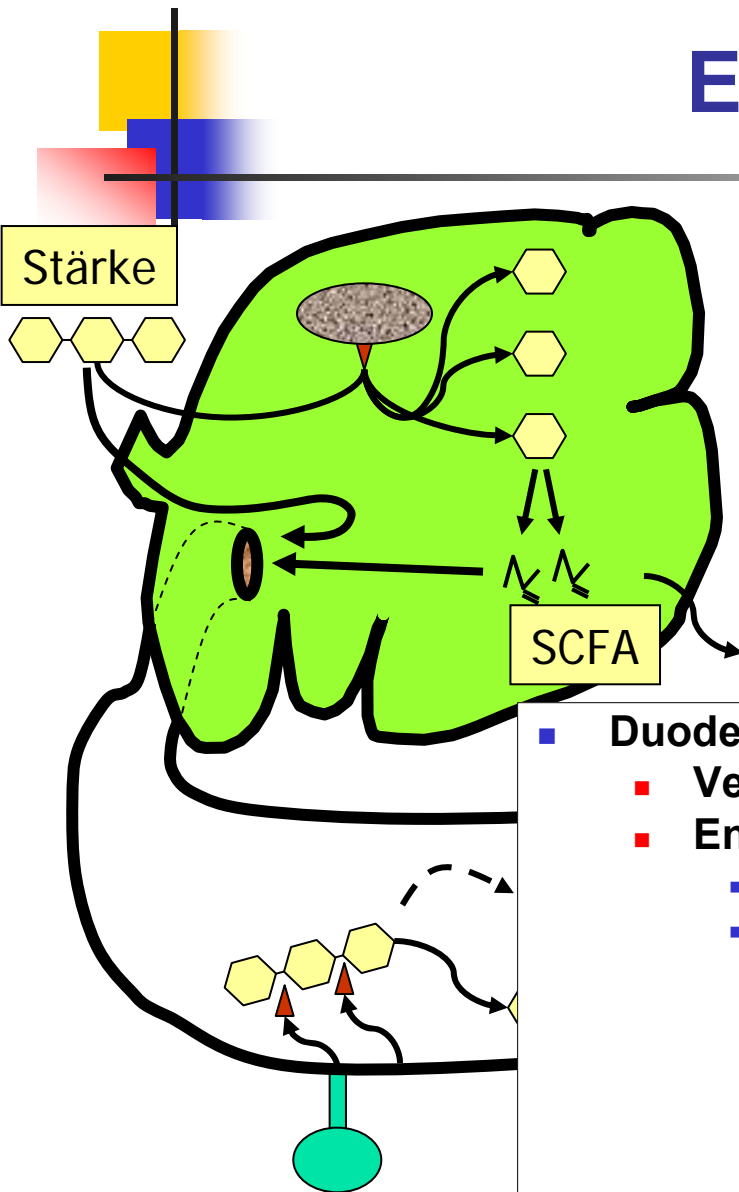


Kohlenhydratverdauung



Energiebilanz Kuh

Matthé 2001



| | | |
|---|------------------------------|----------------------|
| ■ | Ruminale Fermentation | |
| ■ | Energiebilanz | (kJ/gGlucose) |
| ■ | Glucose | 15,7 |
| ■ | Energieverluste | 7,8 |
| ■ | ■ Fermentation | |
| ■ | ■ Gluconeogenese | |
| ■ | <u>Energiegewinn</u> | <u>7,9</u> |

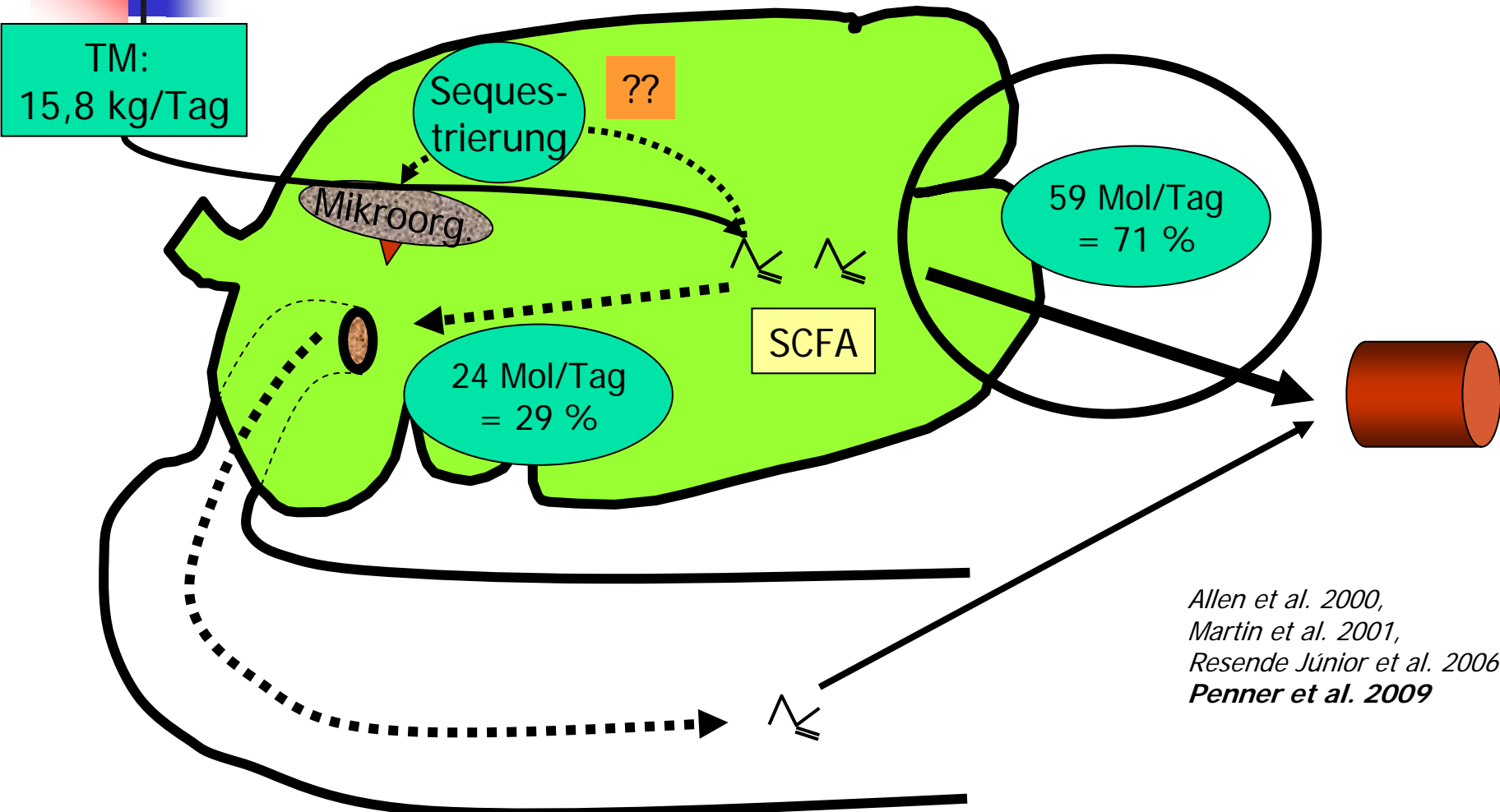
| | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| ■ | Duodenale Stärke | 1,4 kg/Tag | 2 kg/Tag |
| ■ | Verdaulichkeit (%) | 60% | 40% |
| ■ | Energiebilanz | (kJ/g Glucose) | |
| ■ | Glucose | 15,7 | 15,7 |
| ■ | Energieverluste | 6,35 | 8,2 |
| ■ | ■ Resorption | | |
| ■ | ■ Fermentation Dickdarm | | |
| ■ | ■ Stärke i. Kot | | |
| ■ | ■ Gluconeogenese aus Dickdarm-SCFA | | |
| ■ | <u>Energiegewinn</u> | <u>9,35</u> | <u>7,5</u> |



SCFA-Produktion im Vormagen

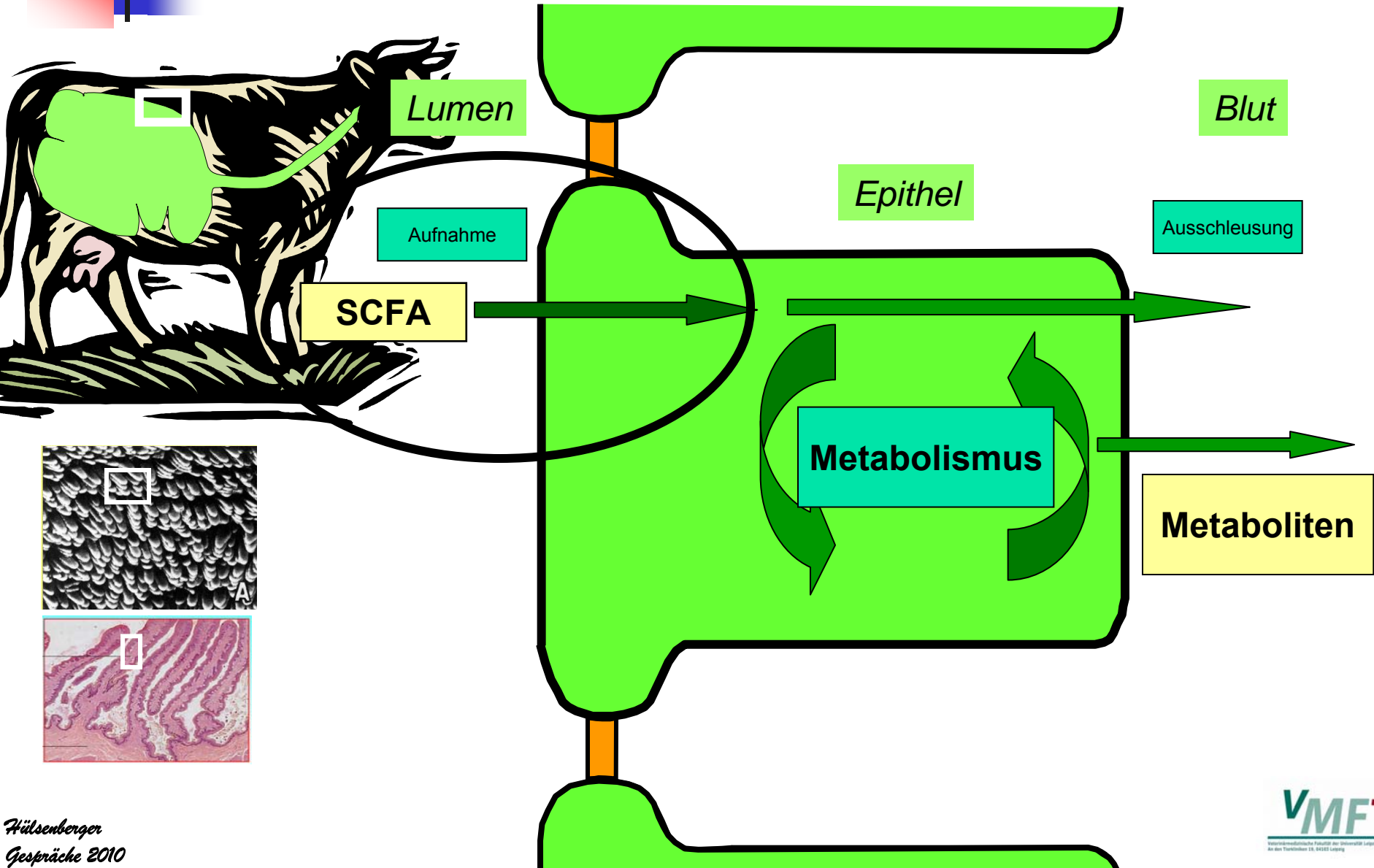
- **Angaben uneinheitlich**
 - abhängig von Methode
 - abhängig von Fütterung
- **Größenordnung**
 - 4,4 -7,9 Mol SCFA / kg TM
= 5,3 – 9,5 MJ ME / kg TM
- **Rind trockenstehend**
 - ~30 Mol SCFA/Tag
- **Rind laktierend (40 kg FCM)**
 - > 100 Mol SCFA/Tag, ~ 7kg SCFA

SCFA-Clearance im Vormagen (Kuh)

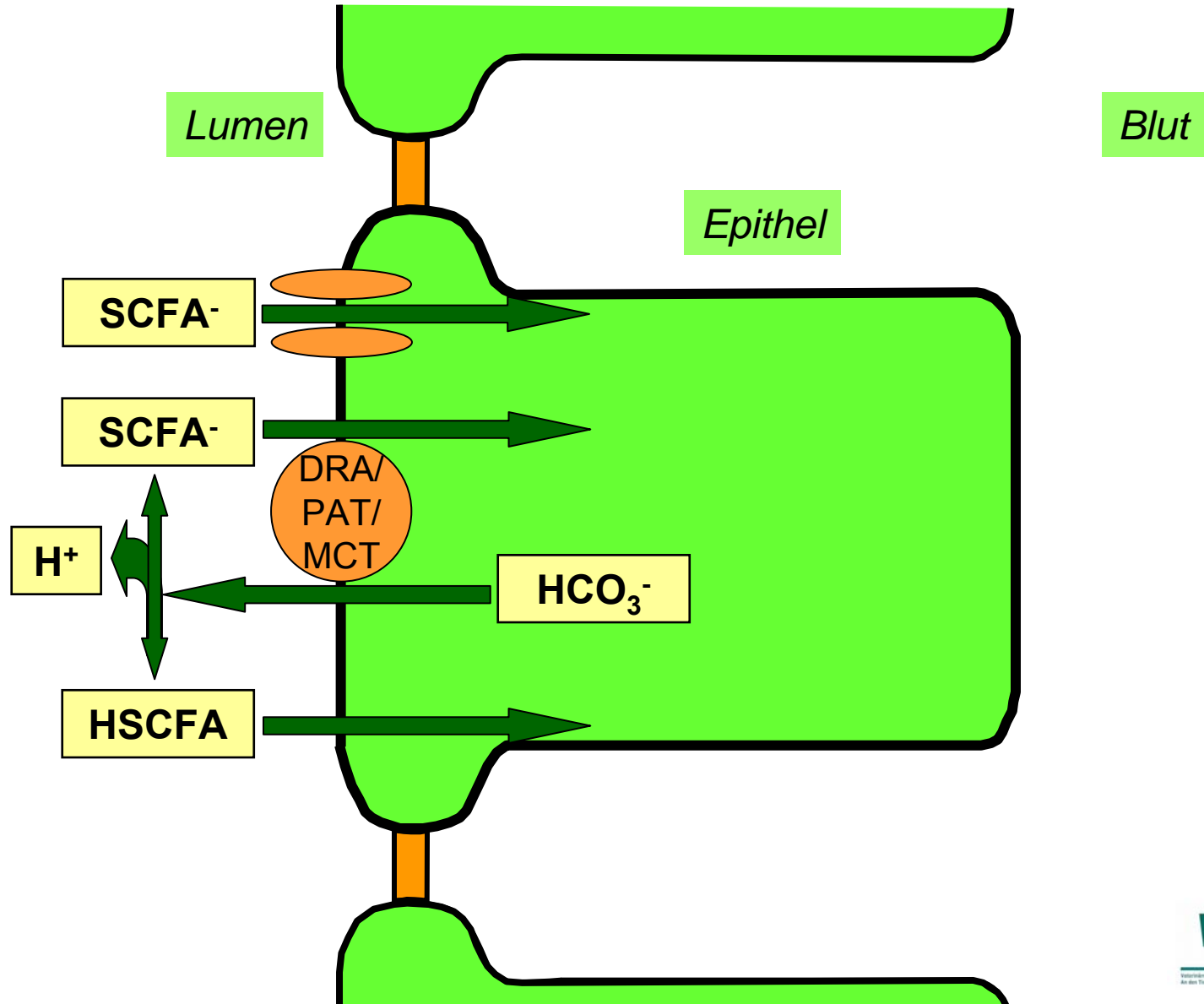


*Allen et al. 2000,
Martin et al. 2001,
Resende Júnior et al. 2006
Penner et al. 2009*

Resorption: Einzelschritte



Apikale Aufnahme von SCFA



Acetat-Aufnahme ins Pansenepithel

■ Mucosal (Luminal)

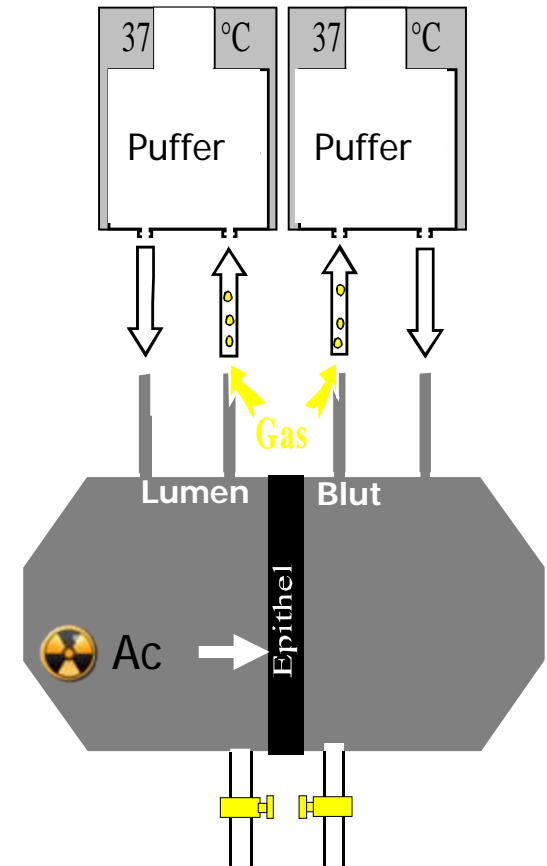
- pH 7,4 → 6,1
- $[\text{HCO}_3^-]$: 0 mmol/l

Acetat – Aufnahme ↑ 29%

■ Mucosal (Luminal)

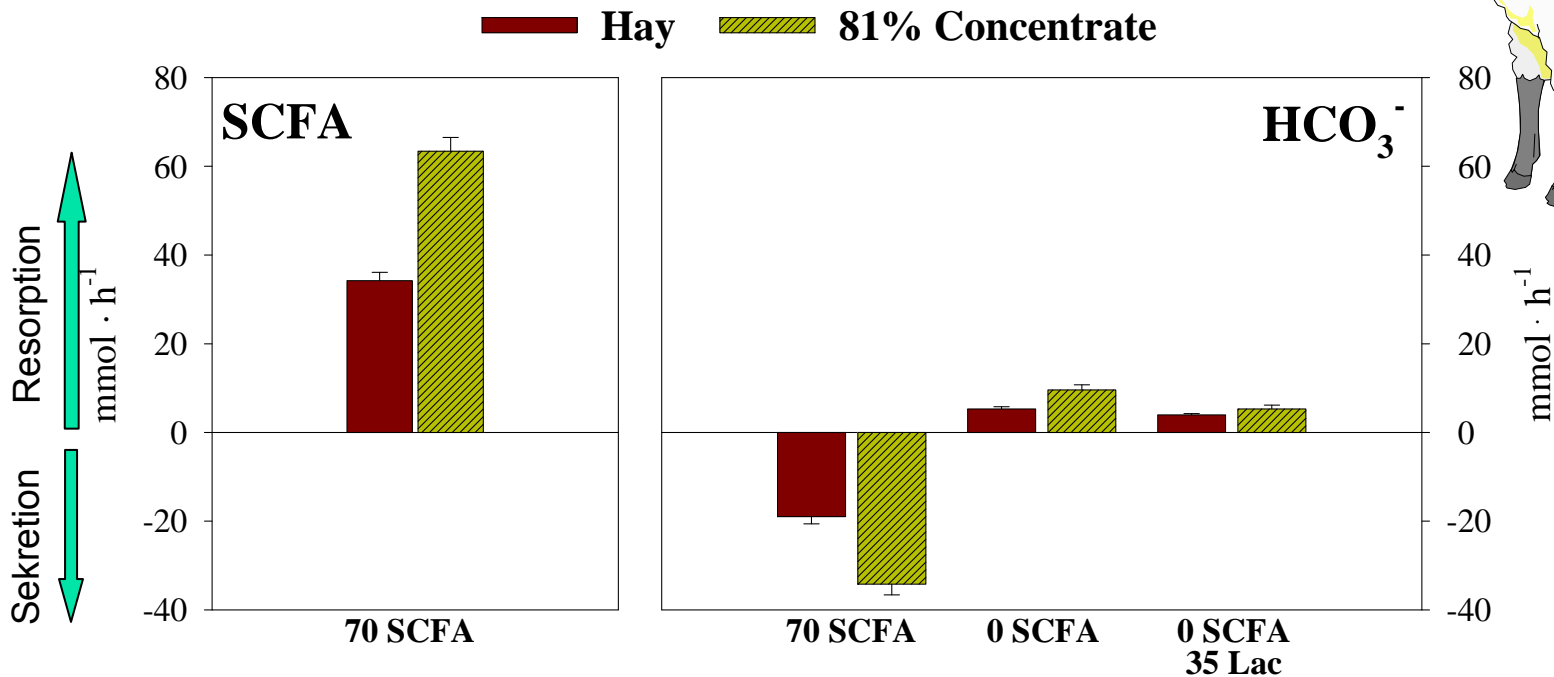
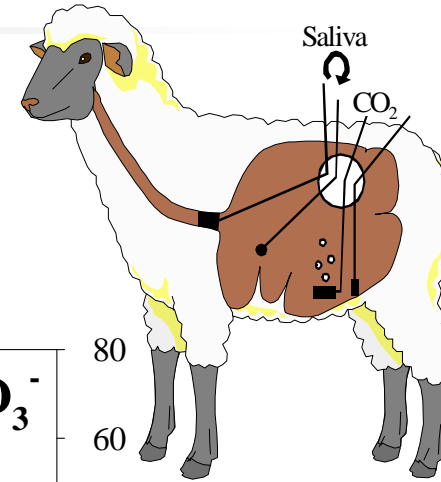
- pH 7,4 → 6,1
- $[\text{HCO}_3^-]$: 22,5 → 1,1 mmol/l

Acetat – Aufnahme ↑ 141%



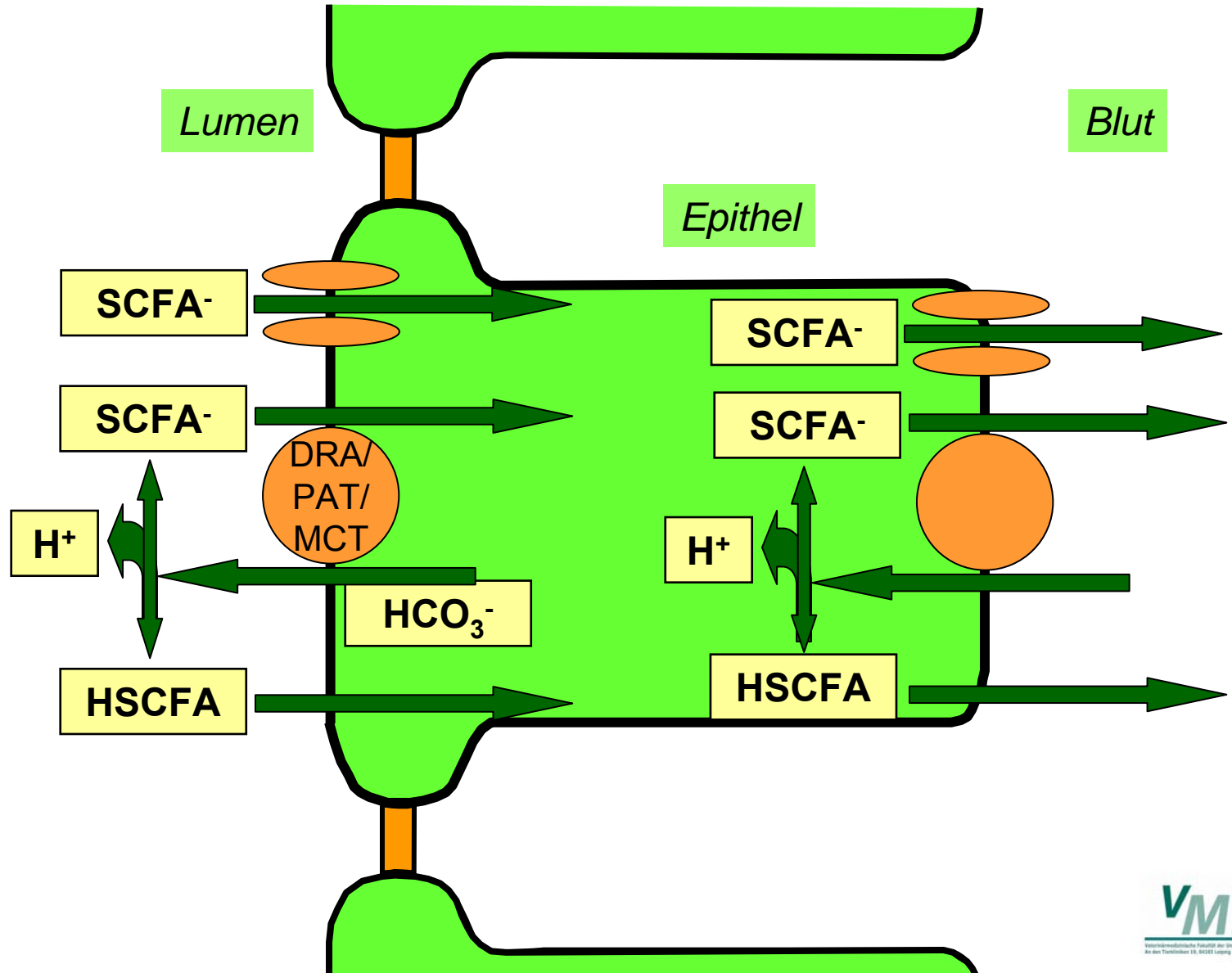
Aschenbach et al. 2009

SCFA-Resorption und HCO_3^- -Sekretion

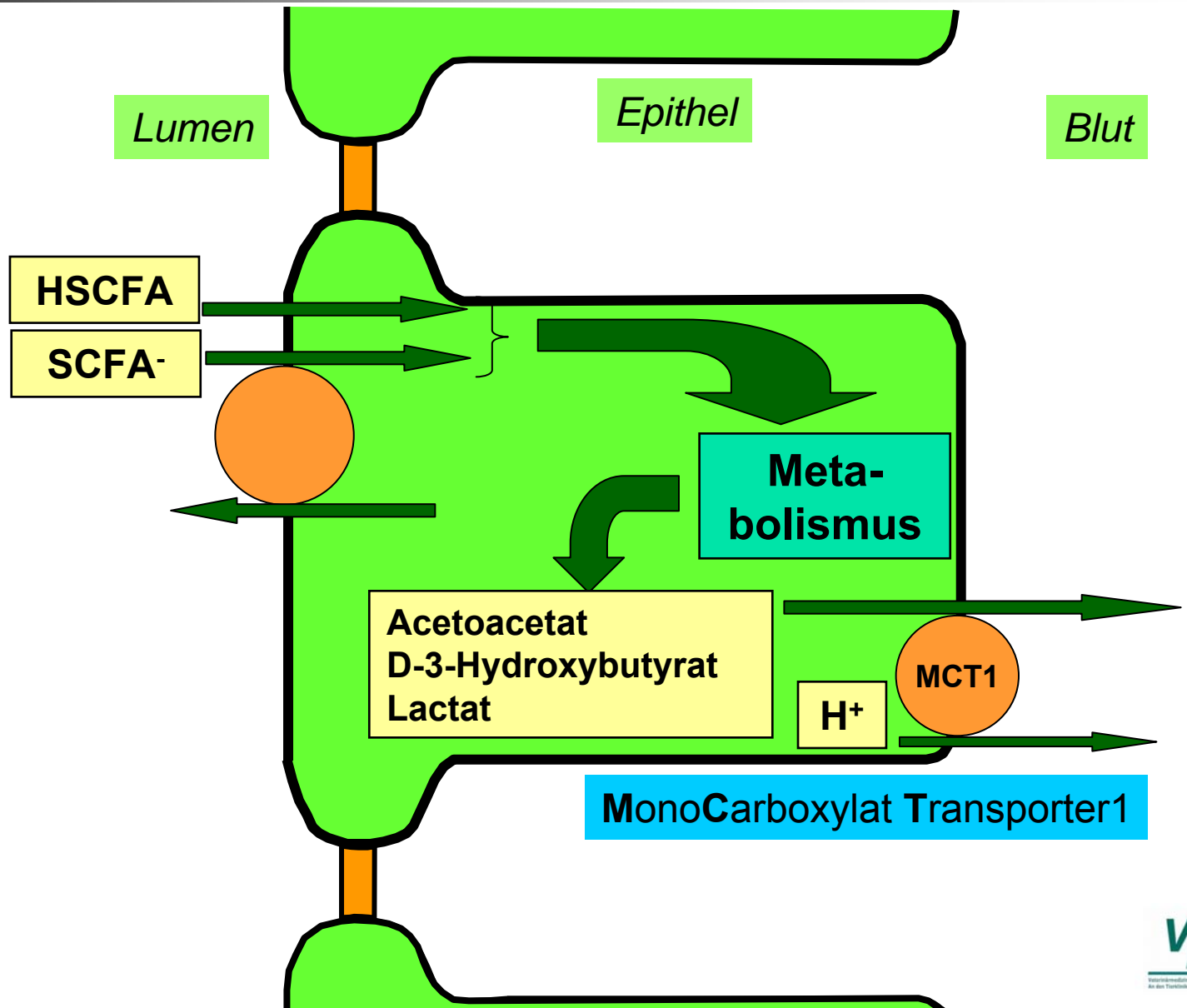


Gäbel et al. 1991

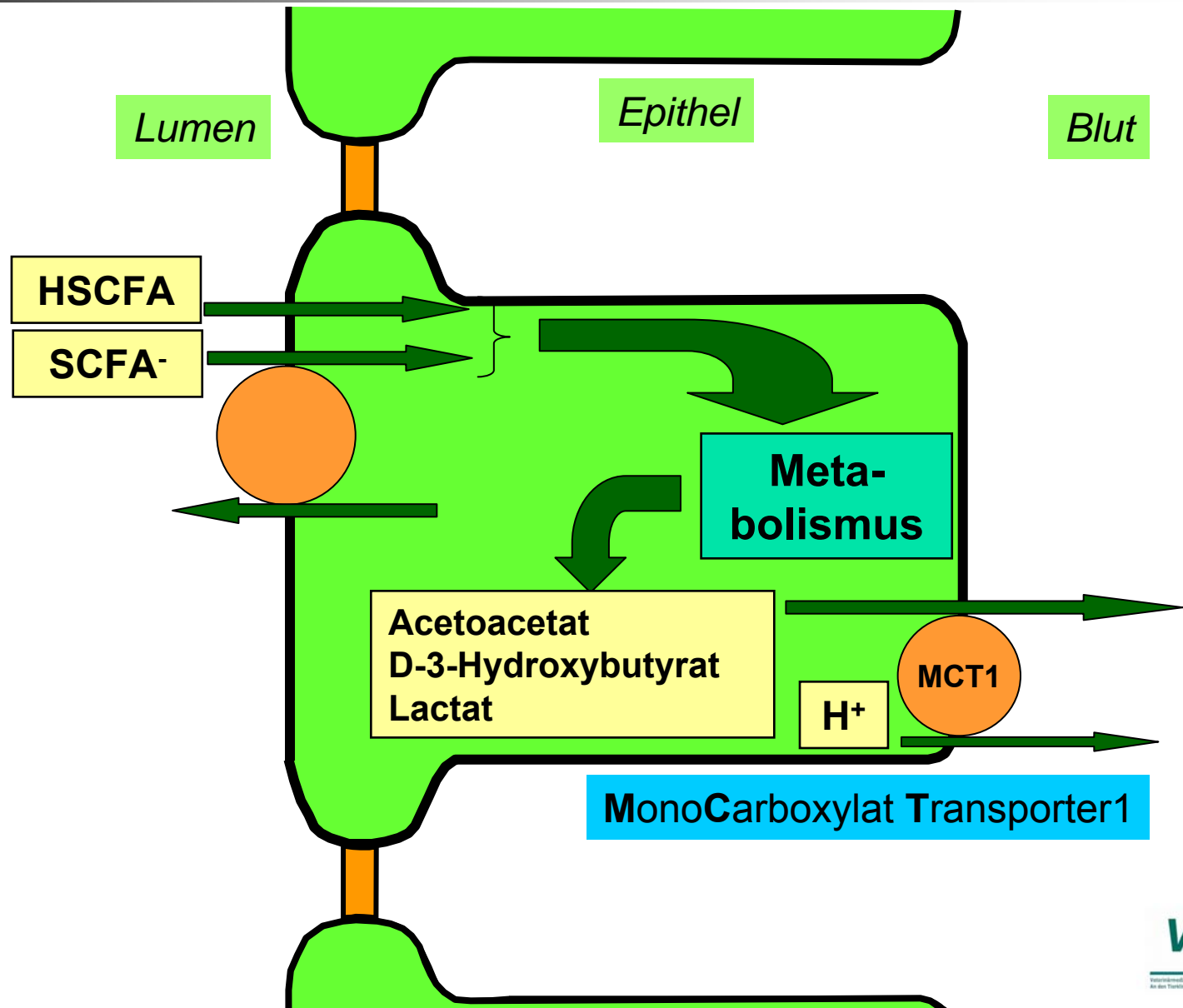
Basolaterale Ausschleusung von SCFA



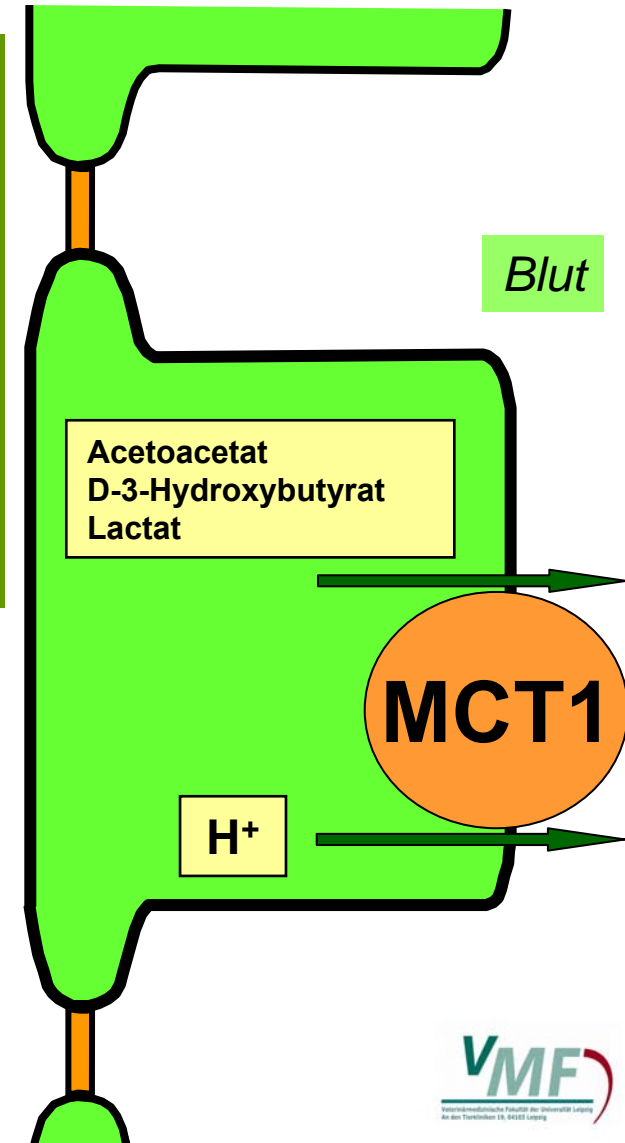
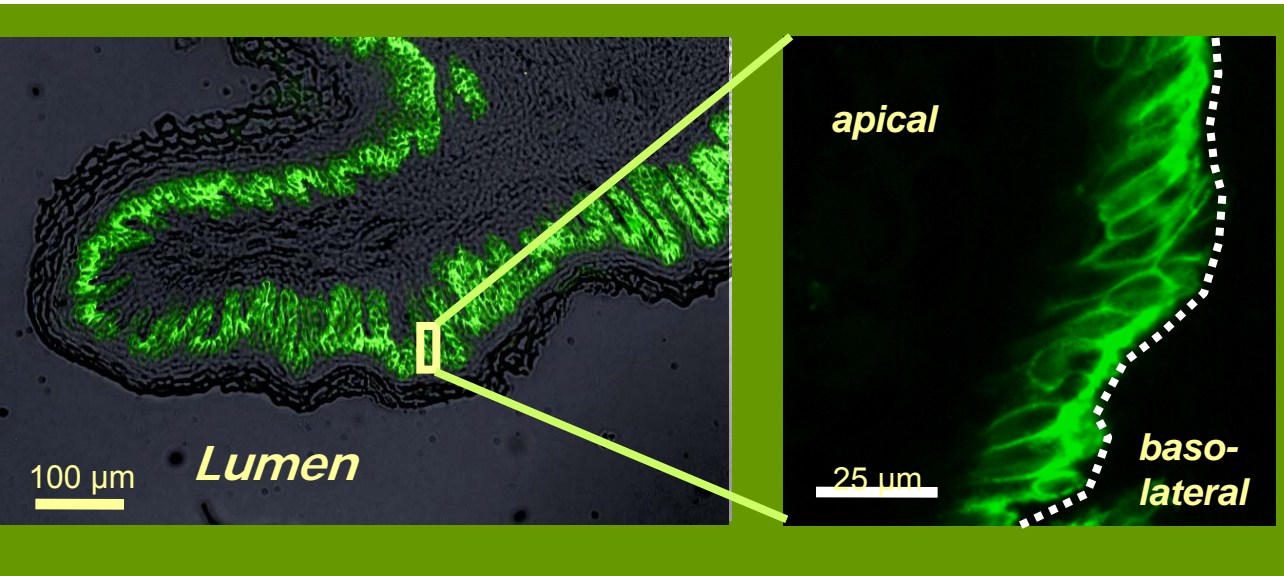
Intraepithelialer SCFA-Metabolismus



Intraepithelialer SCFA-Metabolismus

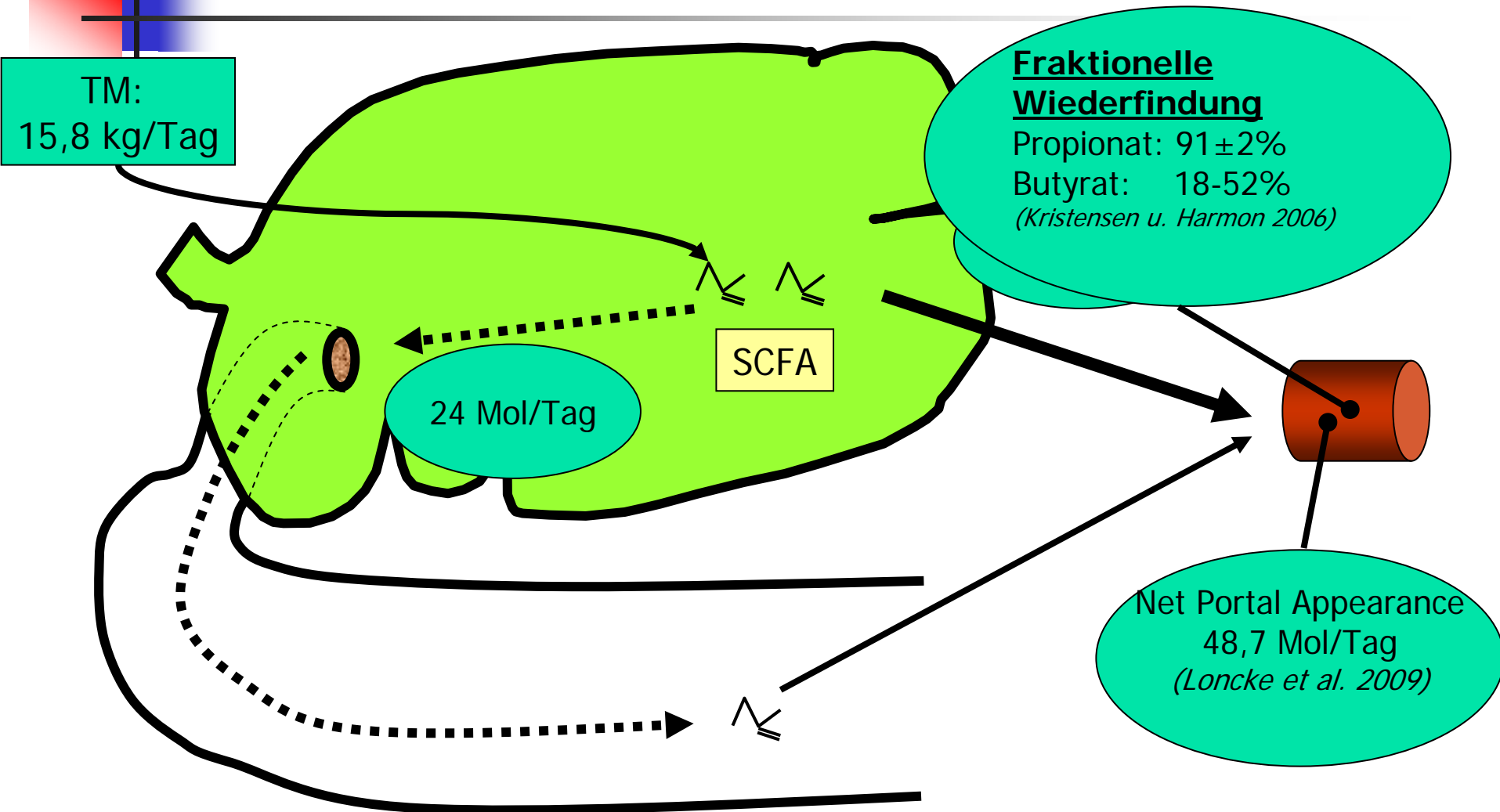


Immunohistochemischer Nachweis des MCT1



Müller et al. 2002

SCFA-Clearance im Vormagen (Kuh)



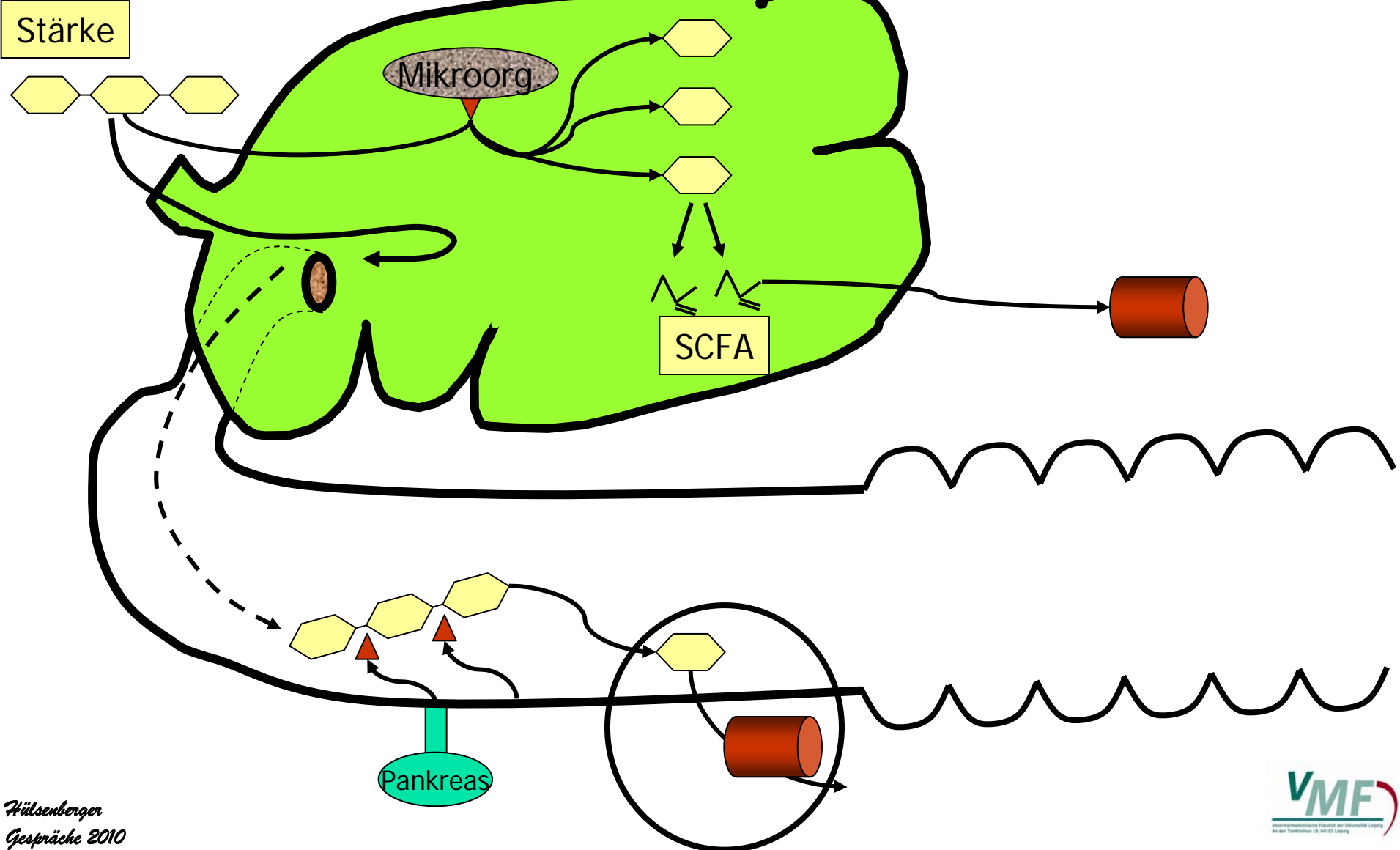
Allen et al. 2000,
Martin et al. 2001,
Resende Júnior et al. 2006
Penner et al. 2009



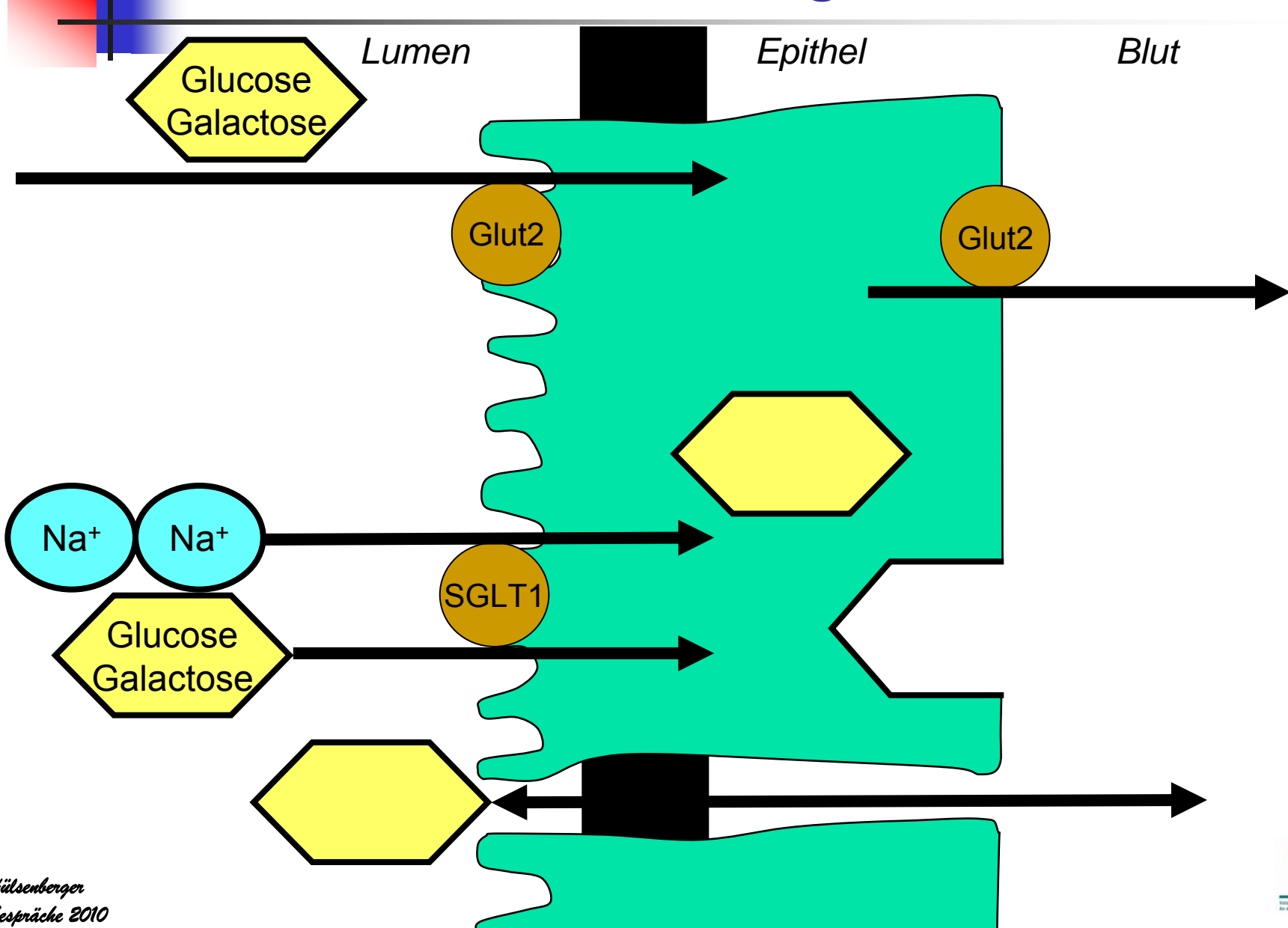
SCFA-Transport im Vormagen

- Bedeutung für Energietransfer
 - Redundante Systeme
 - Undissoziiert und dissoziiert
 - Resorption distal
- Bedeutung für Pufferung
 - H⁺-Elimination und HCO₃⁻-Sekretion
 - Quantitativ größere Bedeutung als Speichелеinstrom (bei gering Rohfaser)
- Bedeutung für Detoxifizierung
 - Butyrat
- Bedeutung für endogene Energielieferung
 - Butyrat
 - Spareffekt
 - Nutzung von Glucose, Acetat und Propionat in extraruminalen Geweben
- Bedeutung für Reaktionsgleichgewichte ?

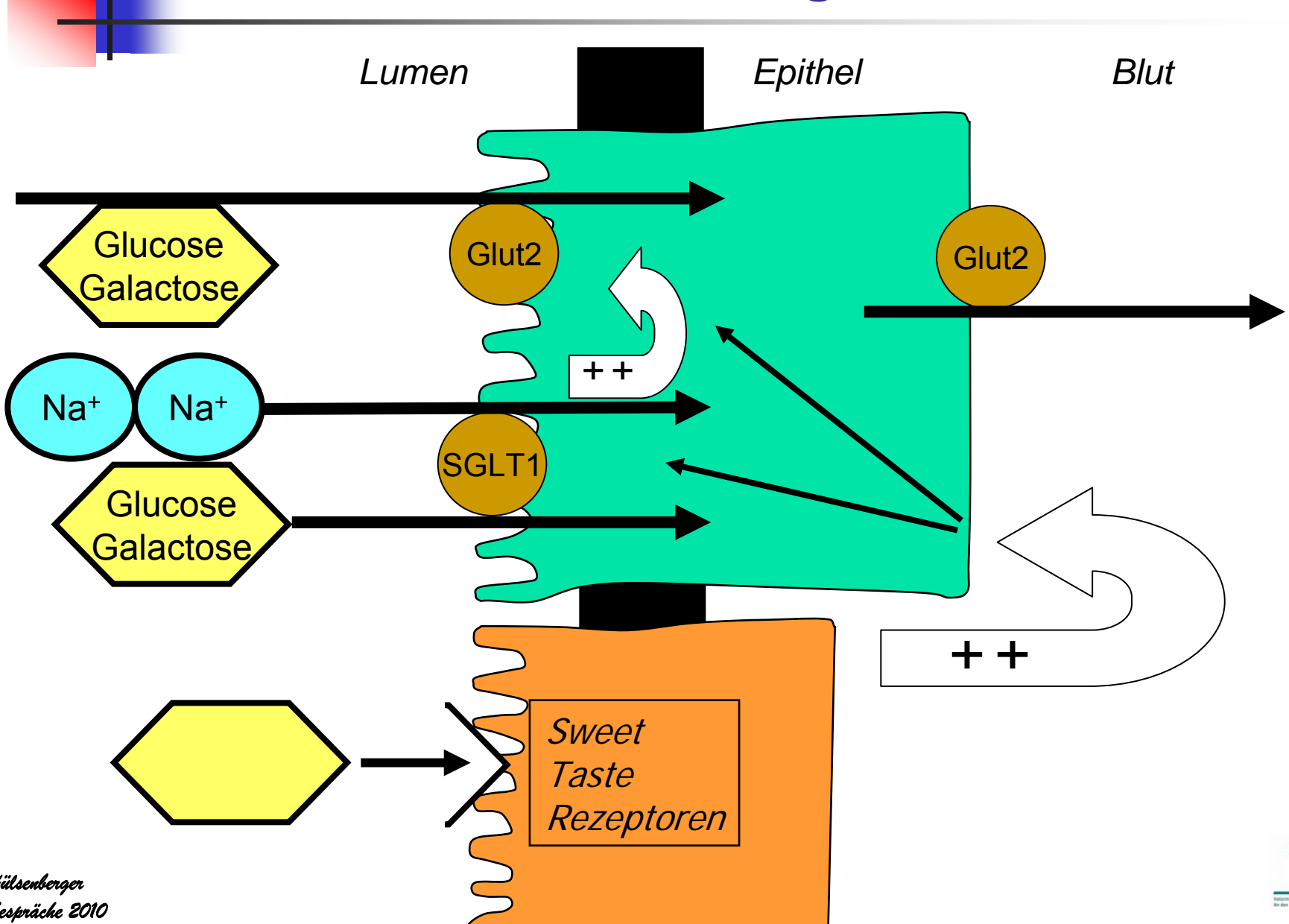
Kohlenhydratverdauung



Glucoseabsorption im Dünndarm von Monogastriern

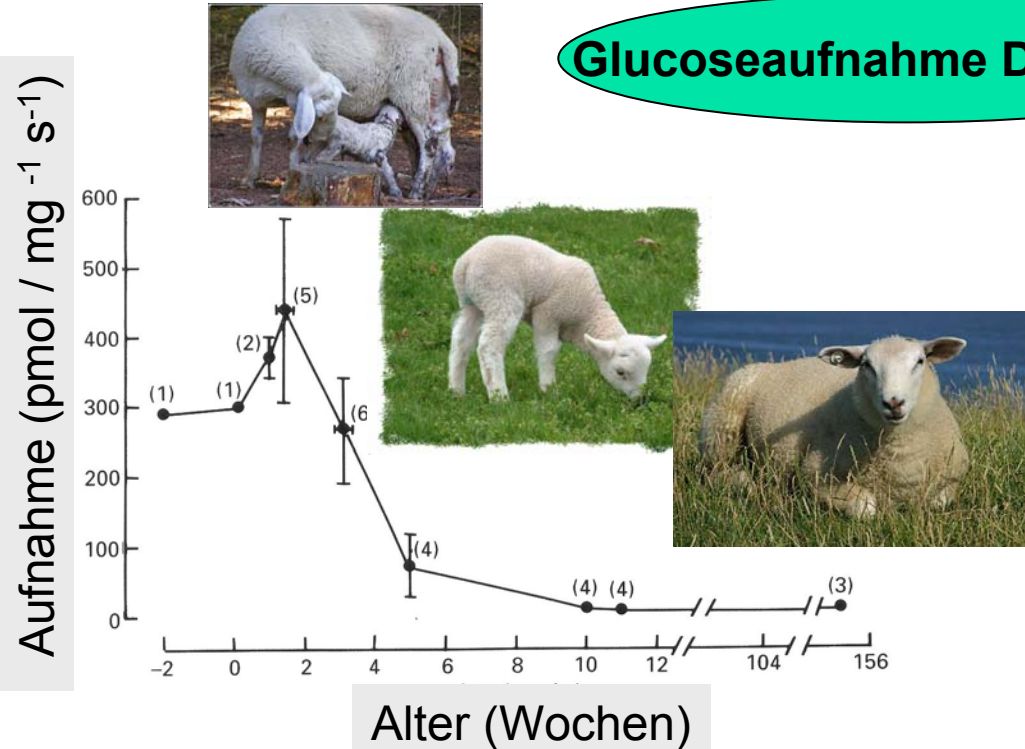


Adaptationsprozesse im Dünndarm von Monogastriern



Herabregulation des Glucosetransports bei Lämmern

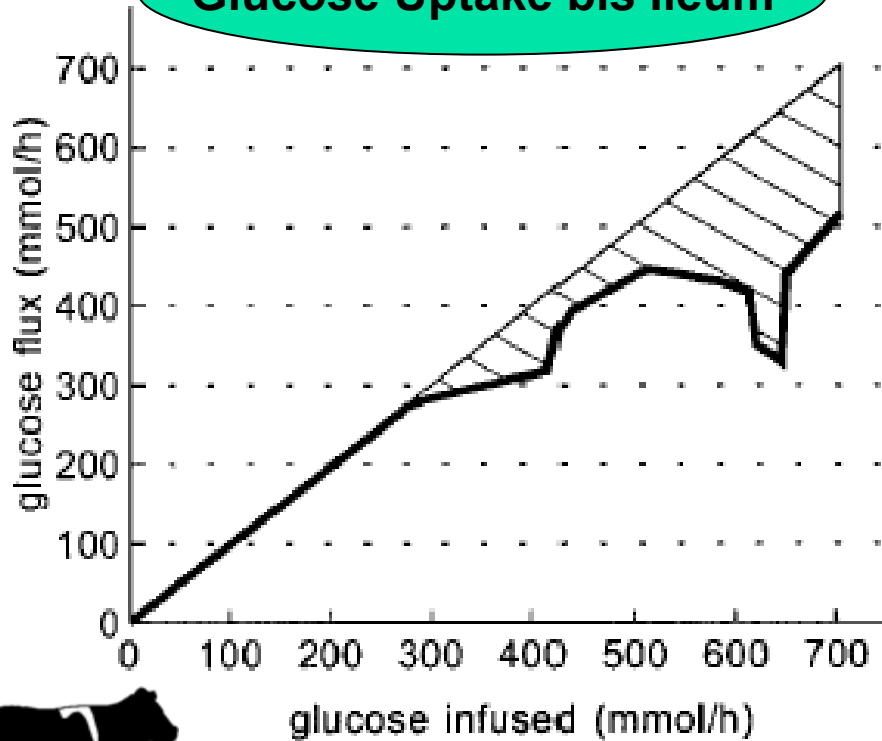
Glucoseaufnahme Dünndarm



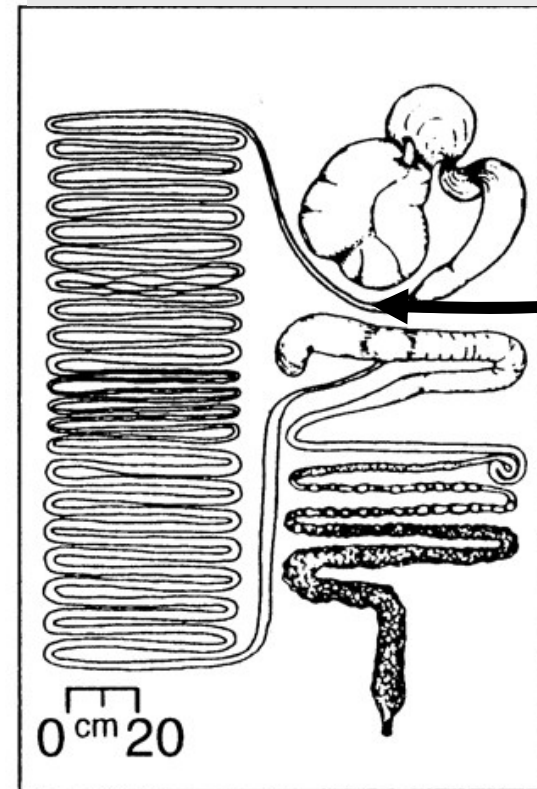
Shirazi-Beechey et al. 1991

Adaptive Hochregulation des Glucosetransportes bei adulten Wiederkäuern

Glucose Uptake bis Ileum



Anstieg
34 mmol/h alle 3 Tage



Cant et al. 1999

Adaptation von SGLT1 und GLUT2 bei Wiederkäuern

Glucosekonzentration im

- K_m SGLT1 porciner Dünndarm:
 - 0,69 mmol/l

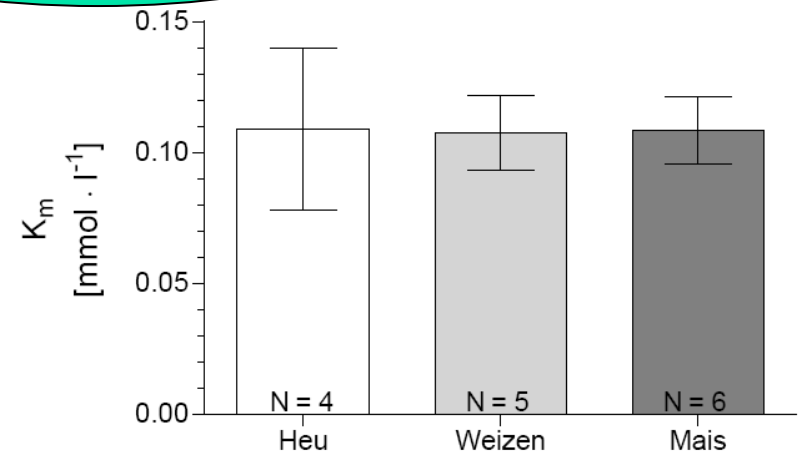
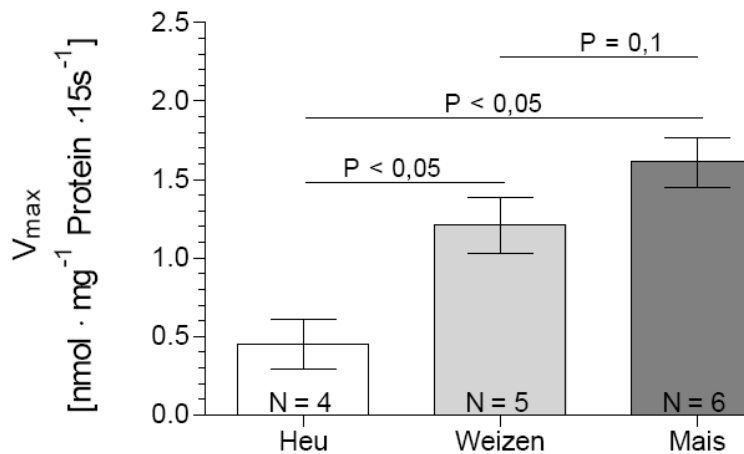
■ SGLT1-Expression (Protein und mRNA)

- Wirkungen von abomasalem Stärke/Glucose uneinheitlich
- Wenn Wirkungen, dann im Jejunum von Ziegen

Glucosetransport im Jejunum von Ziegen

Glucosekonzentration
[mmol · ka⁻¹ FMI]

G



Fütterungsgruppen

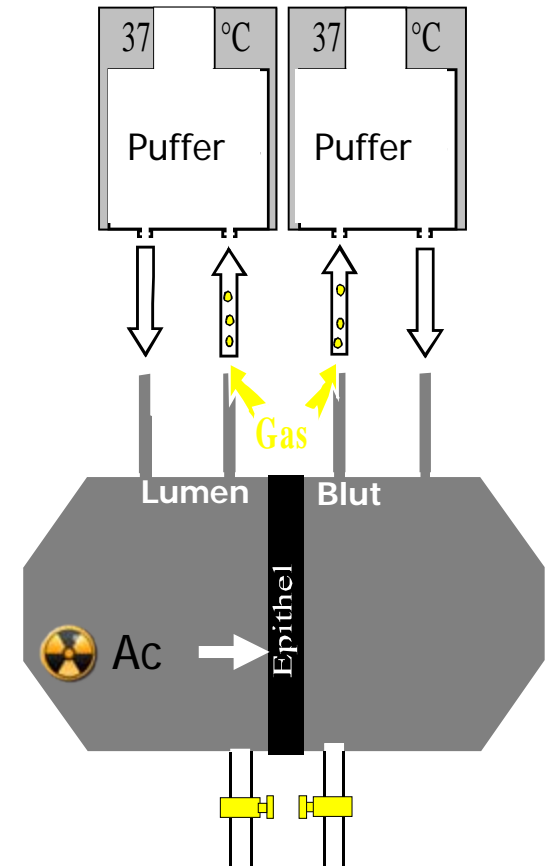
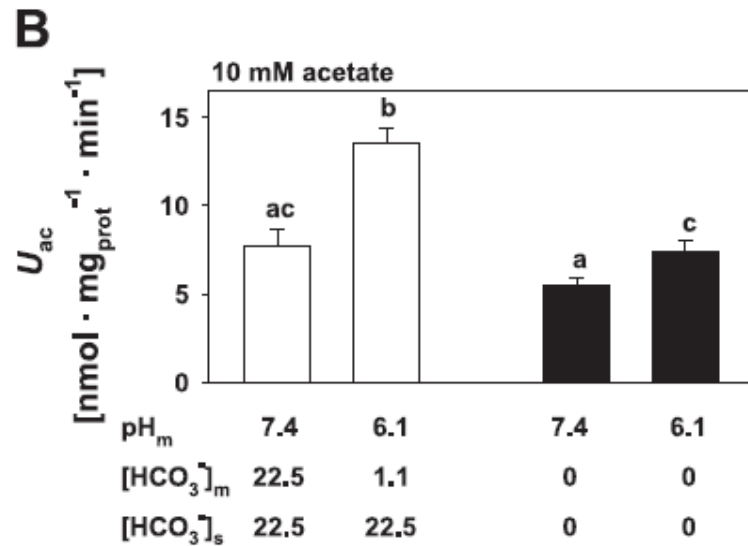
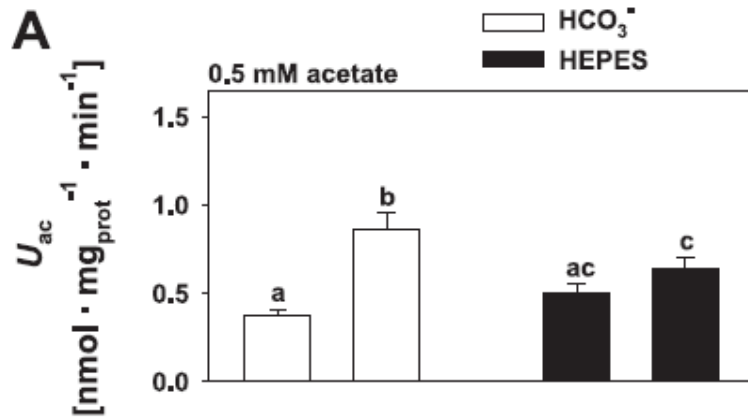
Fütterungsgruppen

Zurich 2009

Glucose-Transport im Dünndarm von Wiederkäuern

- Limitierungen
 - Stärker als bei SCFA-Resorption (Sättigung, geringe K_m)
 - Stärker als beim Glucosetransport des Monogastriers
- Geringere funktionelle Breite als beim Monogastrier
 - SGLT1 vorhanden
 - Apikaler GLUT2 ?
 - Exozytose?
 - Parazelluläre Permeation?
- Adaptation
 - In geringem Maße eventuell möglich
 - Auf funktioneller Ebene noch nicht eindeutig nachgewiesen
- Erst in jüngster Zeit relevant geworden
- Auch der Dickdarm benötigt Energieträger!

Acetat-Aufnahme ins Pansenepithel



Energiebilanz Kuh (kJ/g Glucose)

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|----------|--|
| | ■ Ruminale Fermentation | | |
| | ■ Glucose | 15,7 | |
| | ■ Energieverluste | 7,8 | |
| | ■ Fermentation | | |
| | ■ Gluconeogenese | | |
| | ■ Energiegewinn | 7,9 | |
| ■ Duodenale Stärke | 1,4 kg/Tag | 2 kg/Tag | |
| ■ Verdaulichkeit | 60% | 40% | |
| ■ Glucose | 15,7 | 15,7 | |
| ■ Energieverluste | 6,35 | 8,2 | |
| ■ Resorption | | | |
| ■ Fermentation Dickdarm | | | |
| ■ Stärke i. Kot | | | |
| ■ Gluconeogenese Dickdarm SCFA | | | |
| ■ Energiegewinn | 9,35 | 7,5 | |

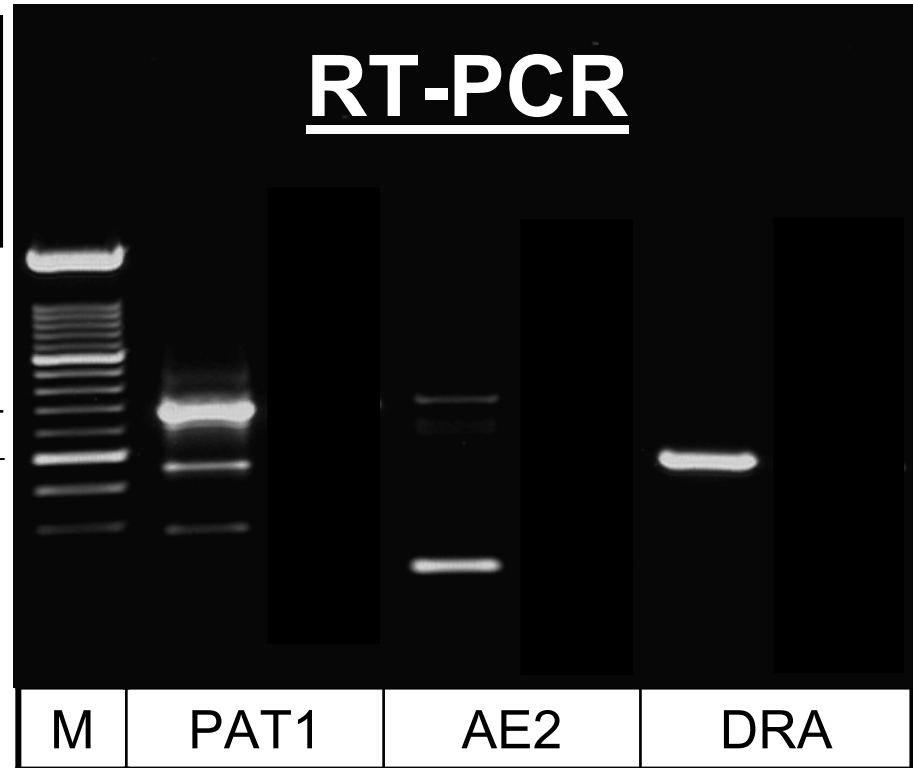
Matthé 2001: eigene und Literaturdaten

Anion exchange mechanisms: Structure

AE: Anion Exchanger
PAT: Putative Anion Transport
DRA: Down Regulated in Adenoma

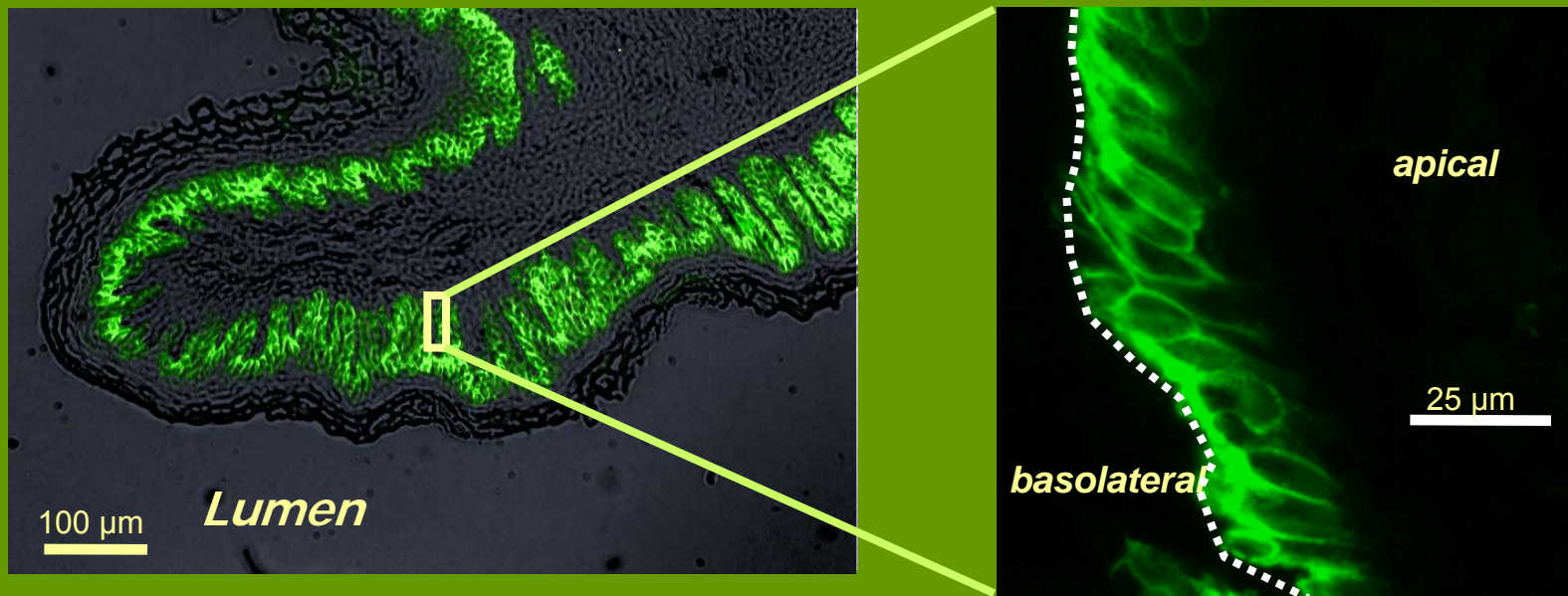
700bp —
500bp —

Expected molecular size:
PAT 1: 705bp
AE 2: 199bp
DRA: 475bp



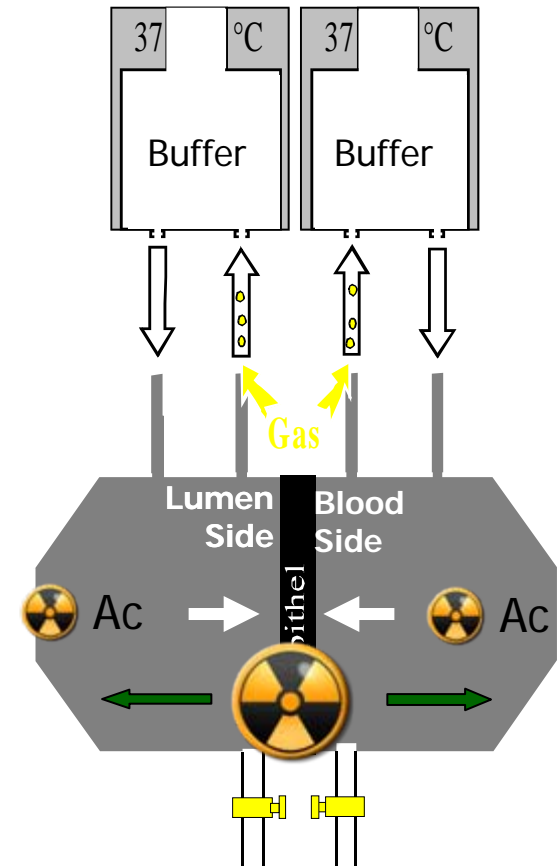
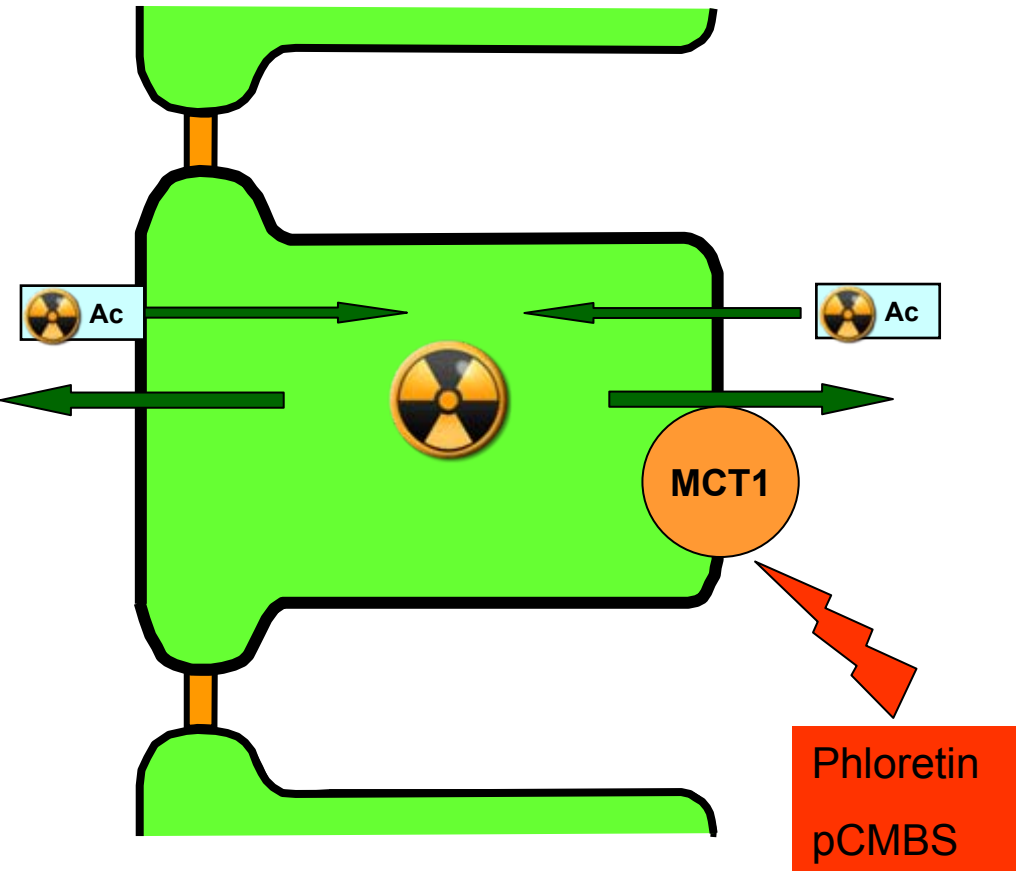
Bilk et al., 2005

Immunohistochemical detection of MCT1



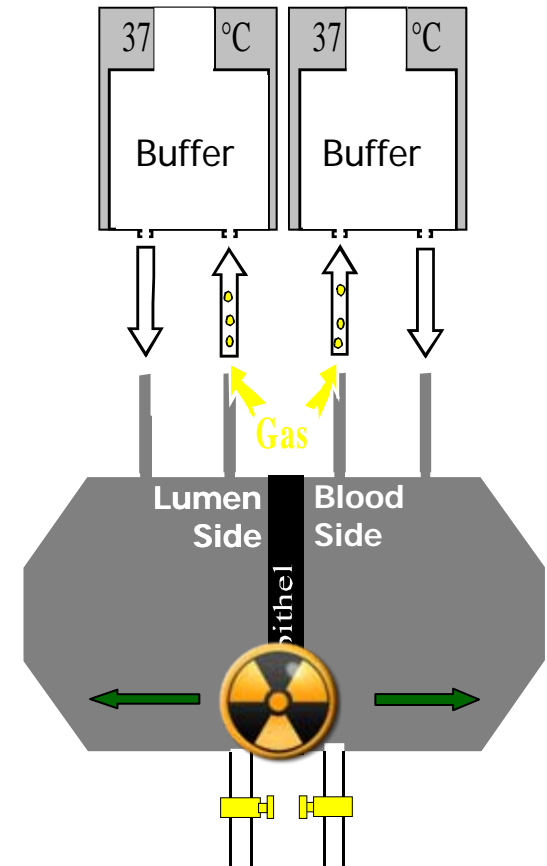
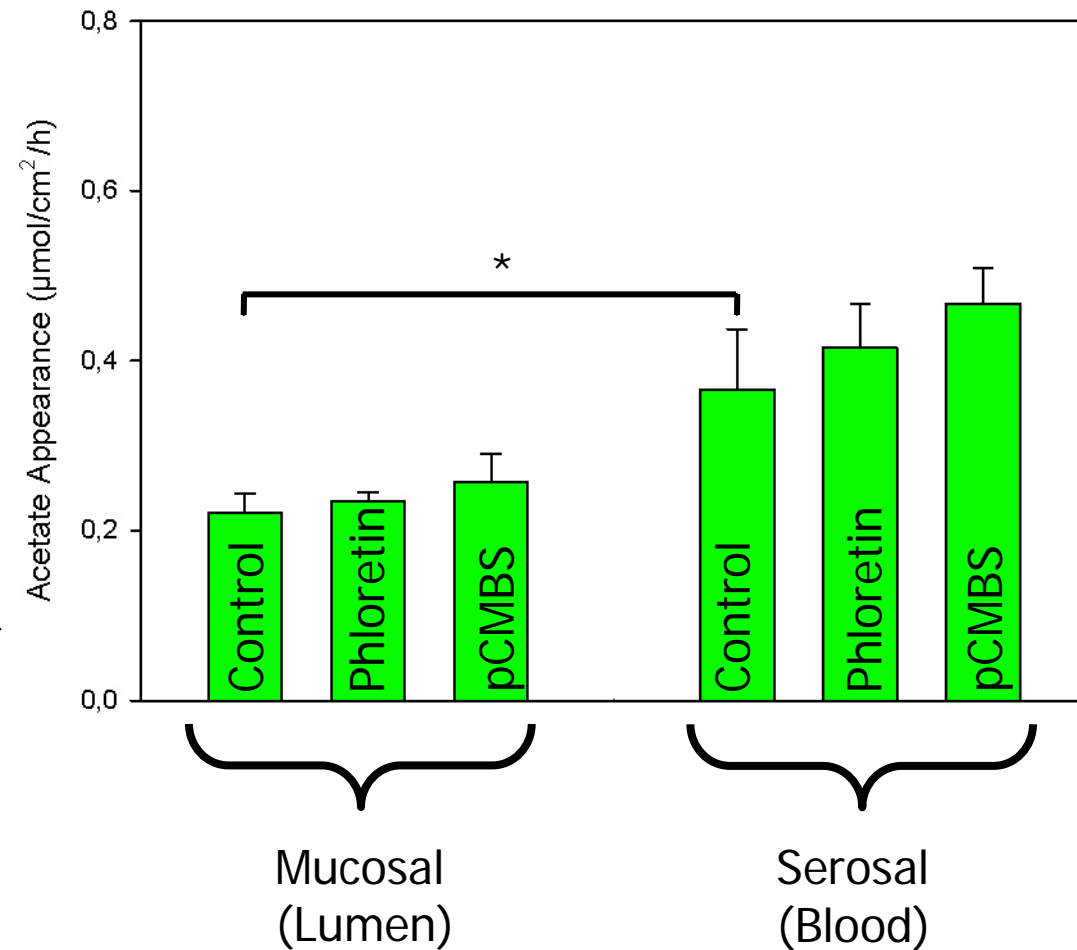
Müller et al., 2002

SCFA and MCT1



2 h Incubation
Buffer change

Appearance of Radioactivity after (¹⁴C-)Acetate Preincubation





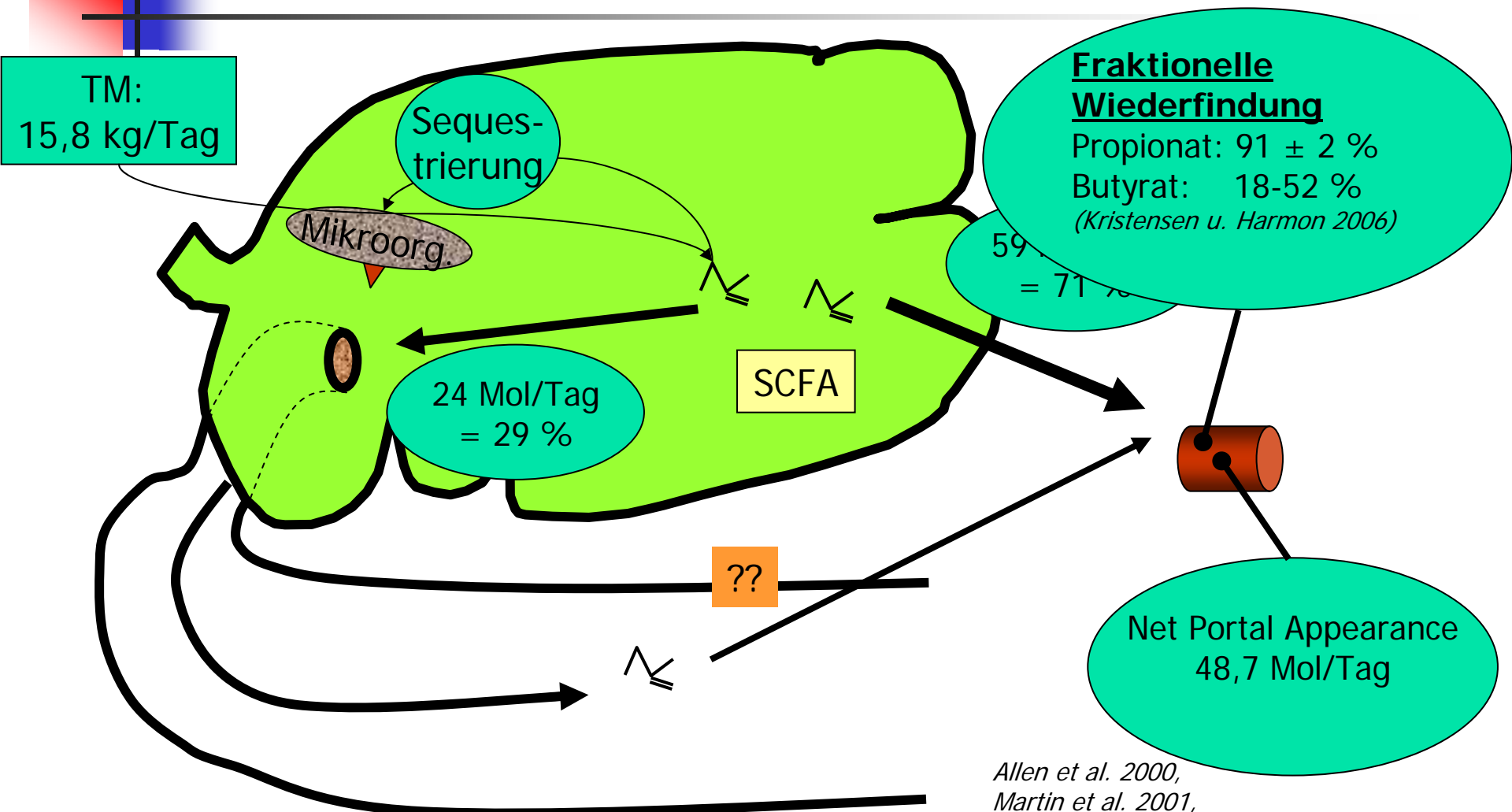
Conclusions:

Multifunctional ruminal epithelium

- **SCFA uptake**
 - **High Capacity + Effective Intraruminal buffering**
 - HSCFA by diffusion
 - SCFA⁻ by exchange for HCO₃⁻ (*PAT1, DRA*)
- **Prevention of toxic/mitogenic SCFA effects**
 - SCFA metabolism in the epithelium, mainly butyrate
 - Metabolite (monocarboxylate) extrusion into blood by *MCT1*
- **Protection**
 - **Prevention of intracellular acidification**
 - H⁺ extrusion (*NHE/ MCT1*)
 - HCO₃⁻ uptake (*NBC1*)
- **Limits ? // Bottleneck proteins ?**

- 
-
- Hier nochmal Folie Übersicht

SCFA-Clearance im Vormagen



NOchmal nachkorrigiertes Bild von oben einblenden

Allen et al. 2000,
 Martin et al. 2001,
 Resende Junior et al. 2006
 Peinado et al. 2009
 Loncke et al. 2009

Energiebilanz Kuh

- Ruminale E
- Energi
- Glu
- En
- En

