

4. ERGEBNISSE

4.1. Einleitung

Nachfolgend werden die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen, durchgeführt zwischen August 1997 und November 1998, besprochen. Diese gliedern sich in die Ergebnisse des Haupt- oder Wasserfluxversuches sowie in die Ergebnisse der Gewichtsbestimmung der untersuchten Epithelstücke, der Potentialdifferenzmessung und der pH-Wert-Bestimmung. Die beiden zuletzt genannten Untersuchungen dienten der Kontrolle der Vitalität der Epithelien und werden nur kurz besprochen.

4.2. Vorversuche

In der Vorversuchsreihe wurde die Anwendbarkeit und die Meßgenauigkeit der Apparatur bestimmt. Desweiteren sollte die Überlebensfähigkeit des Epithels unter den geplanten in vitro Versuchsbedingungen geprüft werden. Hierfür wurden vier Puffer mit einer Osmolarität von 225, 300, 375 und 450 mosmol·l⁻¹ verwendet. Die Osmolarität wurde in diesen Vorversuchen mit Mannit eingestellt. Die Feinabstufung der osmotischen Gradienten, vor allem im hyperosmolaren Bereich, erfolgte in den Hauptversuchen, in denen dann auch die Wirkung verschiedener osmotisch wirksamer Substanzen auf das Epithel sowie der Einfluß der Fütterung auf den Wassertransport untersucht werden.

Ergebnisse

Pro Tier wurden vier Pansenepithelstücke unter den oben aufgeführten Pufferlösungen gemessen. Die folgende Grafik zeigt die Einzeldaten aller Tiere dieser Versuche als Verlaufskurven (Abb. 5).

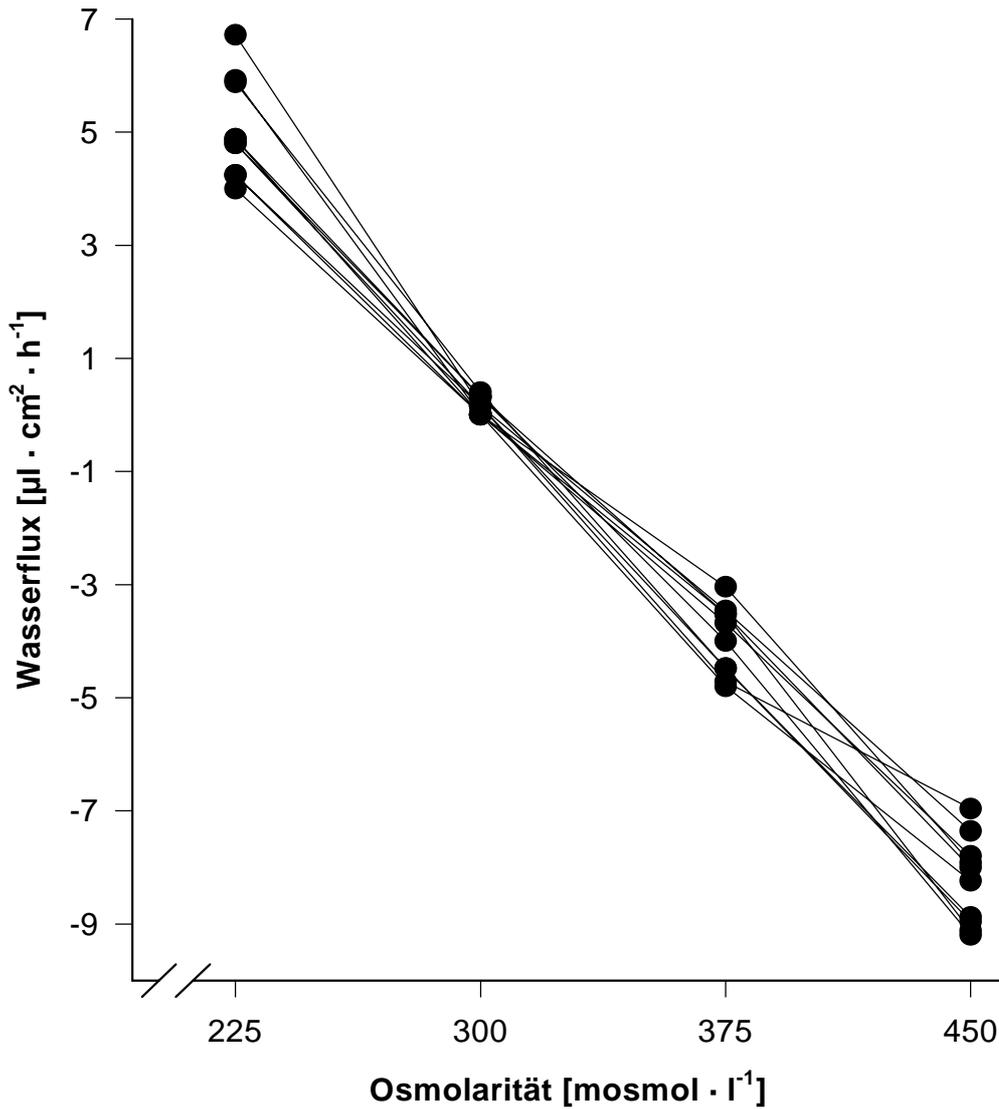


Abb. 5: Einzelwerte der Wasserfluxraten in den Vorversuchen von heugefütterten Schafen. Die Osmolarität wurde mit Mannit eingestellt. (N = 10)

Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Vorversuchsdaten mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Puffern ($p < 0,01$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsschafen bestand nicht ($p = 0,42$). In Tabelle 5 sind die Mittelwerte der Wasserfluxraten aller Tiere ($N = 10$) für die jeweilige Osmolarität aufgeführt.

Tabelle 5: Mittelwerte (\pm SEM) der Wasserfluxraten in den Vorversuchen bei heugefütterten Schafen (ein Minuszeichen bedeutet eine Sekretion zur Lumenseite)

Osmolarität [mosmol·l ⁻¹]	225	300 isoosmotisch	375	450
Wasserflux [$\mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$]	5,04	0,15	- 3,97	- 8,24
S. E. M.	0,28	0,05	0,19	0,24
N	10	10	10	10

Diese Mittelwerte lassen erkennen, daß es unter isoosmotischen Bedingungen im Mittel zu einer geringgradigen Wasserresorption von $0,15 \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0,05$ (S. E. M.) kam. Die Wasserresorption stieg bei einer Osmolarität von 225 mosmol·l⁻¹ auf ein Mittel von $5,04 \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0,28$ (S. E. M.) an. Dieses bedeutete einen Anstieg der Wasserresorption um das circa 33fache bei einem osmotischen Gradienten von 75 mosmol·l⁻¹. Hypertone (luminale) Pufferlösungen induzieren eine Sekretion. Bei einer Osmolarität von 450 mosmol·l⁻¹ kam es im Mittel zu einer Wassersekretion von $- 8,24 \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0,24$ (S. E. M.). Aus den Mittelwerten der vier Puffer ergab sich eine lineare Regressionsgerade $y = - 58,62 \cdot 10^{-3} x + 18,02$ (y = Wassertransport in $\mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; x = Osmolarität der luminalen Lösung in mosmol·l⁻¹), d. h. bei einem osmotischen Druck von 307 mosmol·l⁻¹ ergab sich im Mittel keine Nettobewegung von Wasser.

Es zeigte sich bei diesen Voruntersuchungen, daß der gewählte experimentelle Ansatz für Untersuchungen dieser Art geeignet ist. Das Epithel reagiert physiologisch unter den Versuchsbedingungen und die induzierten Wasserbewegungen werden von der Apparatur erfaßt.

4.3. Bestimmung der Transportraten von Wasser

4.3.1. Einleitung

In den Hauptversuchen sollte nun die Auswirkung von abgestuften Veränderungen der Osmolarität der mukosalen Lösung genauer untersucht werden. Hierfür wurden mukosal Pufferlösungen mit folgenden Osmolarität verwendet: 225, 260, 300, 325, 350, 375 und 450 mosmol·l⁻¹. Die Erhöhung des osmotischen Druckes erfolgte durch Zugabe von Mannit. Serosal wurde eine Pufferlösung mit 300 mosmol·l⁻¹ eingesetzt. In einer zweiten Versuchsserie wurde zur Erhöhung der Osmolarität ein Gemisch von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren verwendet. Die Kaliumsalze von Acetat, Propionat und Butyrat standen in einem relativen Verhältnis von fünf zu zwei zu eins. Dieser Versuchsansatz sollte die in vivo Verhältnisse simulieren. Die Veränderungen der Osmolarität ergeben sich in vivo hauptsächlich aus dem Fermentationsgeschehen und somit durch die Bildung von flüchtigen Fettsäuren.

4.3.2. Bestimmung der Transportraten von Wasser durch das Pansenepithel von Schafen mit Heufütterung

4.3.2.1. Erhöhung der Osmolarität mit Mannit

Pro Tier wurden acht Pansenepithelstücke unter den sieben oben aufgeführten Osmolaritäten gemessen. Da pro Durchgang nur vier modifizierte Kammern nach USSING zur Verfügung standen, wurde pro Durchgang eine Kammer mit dem isoosmotischen Puffer gefüllt. Die beiden Werte des isoosmotischen Puffers wurden zu einem Mittelwert zusammengefaßt.

Die folgende Darstellung zeigt zunächst die Einzelwerte aller Tiere dieser Versuchsserie als Verlaufskurven (Abb. 6).

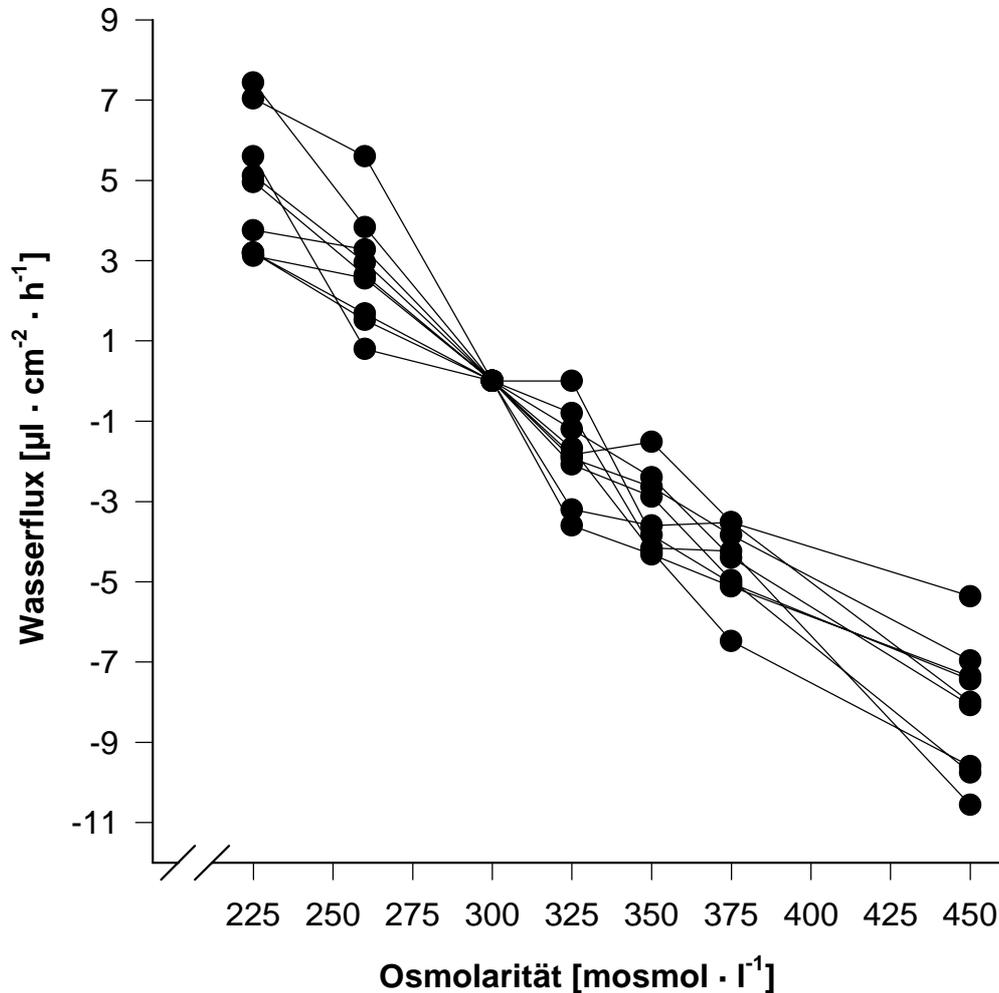


Abb. 6: Einzelwerte der Wasserfluxraten in Abhängigkeit vom osmotischen Druck der luminalen Lösung unter Verwendung von Mannit bei heugefütterten Schafen (N = 9)

Die statistische Auswertung der Versuchsdaten mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Puffern ($p < 0,01$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsschafe bestand nicht ($p = 0,055$).

Tabelle 6: Wasserfluxraten von heugefütterten Schafen. Die Veränderung des osmotischen Druckes erfolgte durch Mannit (ein Minuszeichen bedeutet eine Wassersekretion in das Lumen)

Pufferosmolarität [mosmol·l ⁻¹]	225	260	300 iso- osm.	325	350	375	450
Wasserflux [μl · cm ⁻² · h ⁻¹]	4,83	2,76	0,00	- 1,81	- 3,29	- 4,57	- 8,12
S. E. M.	0,55	0,47	0,00	0,37	0,33	0,32	0,54
N	9	9	9	9	9	9	9

Die angegebenen Werte (Tab. 6) sind als Mittelwerte aller Tiere (N = 9) für die jeweilige Osmolarität zu verstehen. Es ist zu erkennen, daß es im Mittel unter isoosmotischen Bedingungen zu keinem Wasserflux (Nettowasserflux = 0) kam. Die Wasserresorption stieg bei einer Osmolarität von 225 mosmol·l⁻¹ im Mittel auf 4,83 μl · cm⁻² · h⁻¹ ± 0,55 (S. E. M.) an. Bei einer Osmolarität von 450 mosmol·l⁻¹ kam es im Mittel zu einer Wassersekretion von - 8,12 μl · cm⁻² · h⁻¹ ± 0,54 (S. E. M.). Aus den Mittelwerten des Nettowassertransportes ergab sich eine lineare Regressionsgerade von $y = - 58,77 \cdot 10^{-3} x + 17,73$ ($y = \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, $x = \text{mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Der Nettowasserfluß sistiert im Mittel nach dieser Gleichung bei einer luminalen Osmolarität von 302 mosmol·l⁻¹.

4.3.2.2. Erhöhung der Osmolarität mit Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren

Für diese Versuche wurde der gleiche experimentelle Ansatz verwendet. Pro Tier wurden acht Pansenepithelstücke unter den sieben oben aufgeführten Osmolaritäten eingesetzt.

Die folgende Darstellung zeigt die Einzeldaten aller Tiere des Versuchsabschnittes als Verlaufskurven (Abb. 7).

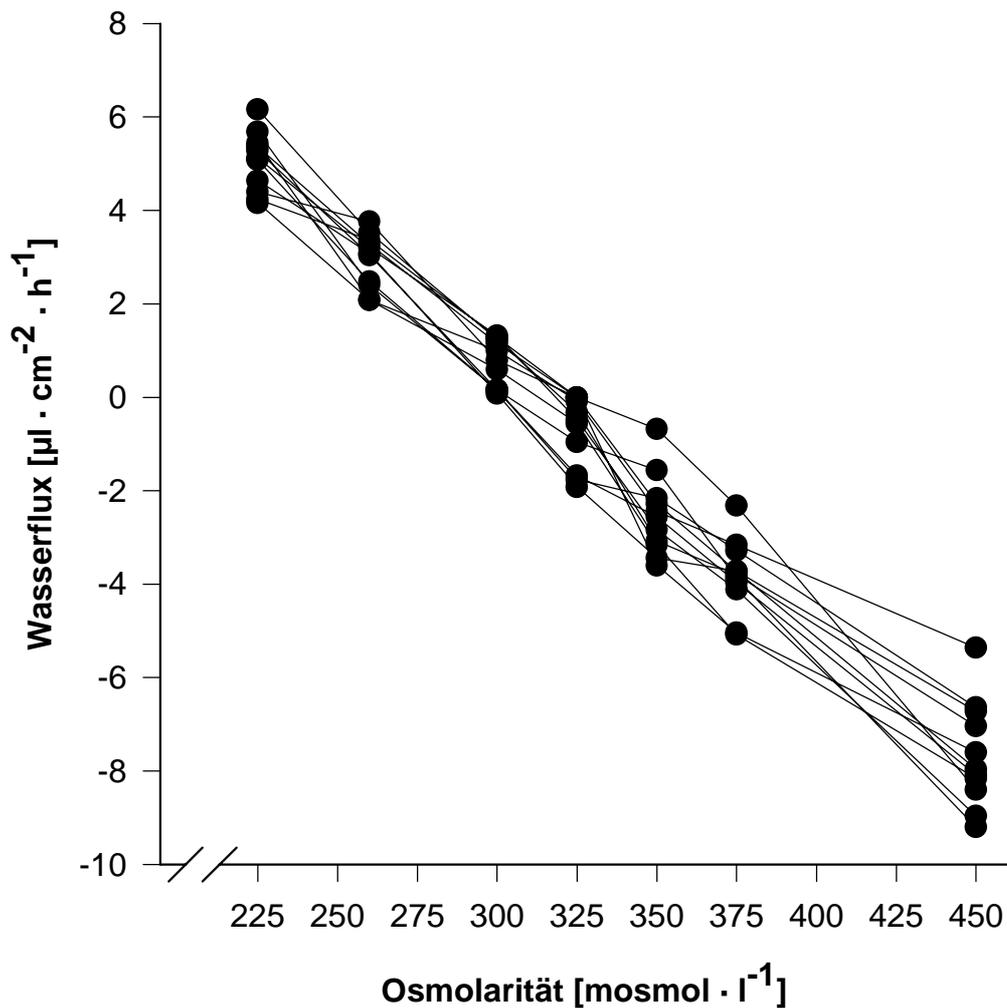


Abb. 7: Einzelwerte der Wasserfluxraten in Abhängigkeit vom osmotischen Druck der luminalen Lösung unter Verwendung von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren bei heugefütterten Schafen (N = 11)

Die statistische Auswertung der Versuchsdaten mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Puffern ($p < 0,01$). In diesem Versuchsabschnitt gab es einen Unterschied zwischen den Versuchsschafe ($p = 0,048$).

Tabelle 7: Wasserfluxraten unter Verwendung von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren bei heugefütterten Schafen (ein Minuszeichen bedeutet eine Sekretion zur Lumenseite)

Pufferosmolarität [mosmol·l ⁻¹]	225	260	300 iso- osm.	325	350	375	450
Wasserflux [μl · cm ⁻² · h ⁻¹]	5,05	2,93	0,72	- 0,71	- 2,53	- 3,83	- 7,65
S. E. M.	0,19	0,18	0,15	0,23	0,26	0,24	0,34
N	11	11	11	11	11	11	11

Die angegebenen Werte (Tab. 7) sind als Mittelwerte aller Tiere (N = 11) für die jeweilige Pufferosmolarität zu verstehen. Es ist zu erkennen, daß es im Mittel unter isoosmotischen Bedingungen zu einer geringen Wasserresorption von 0,72 μl · cm⁻² · h⁻¹ ± 0,15 (S. E. M.) kam. Die Beziehung zwischen der luminalen Osmolarität und dem Wassertransport ergab eine lineare Beziehung mit der Gleichung $y = - 57,04 \cdot 10^{-3} x + 17,76$ ($y = \text{Wassertransport } \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, $x = \text{mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Entsprechend dieser Gleichung wird der Nettowassertransport im Mittel bei einer luminalen Osmolarität von 311 mosmol·l⁻¹ aufgehoben.

Da sich in beiden Fällen ein linearer Zusammenhang zwischen den Wassertransportraten und dem osmotischen Druck der luminalen Pufferlösung ergab, wurden zur Vereinfachung der Rechnung die Regressionsgeraden der jeweiligen Tiere gebildet. Die Werte für die Steigungen der Geraden wurden danach auf ihre Unterscheidbarkeit überprüft. Der Unterschied zwischen den Steigungen der Regressionsgeraden aus den beiden Versuchsserien (Erhöhung des osmotischen Druckes in der luminalen Lösung durch Mannit oder durch Kaliumsalze der flüchtigen Fettsäuren) bei heugefütterten Schafen ist nicht signifikant ($p = 0,6$).

4.3.3. Bestimmung der Transportraten von Wasser durch das Pansenepithel von Schafen mit Kraffutterfütterung

4.3.3.1. Erhöhung der Osmolarität mit Mannit

Auch in dieser Versuchsserie wurde in gleicher Weise vorgegangen. Pro Tier wurden acht Pansenepithelstücke unter den sieben oben aufgeführten Osmolaritäten gemessen. Die folgende Darstellung zeigt die Einzeldaten aller Tiere des Versuchsabschnittes als Verlaufskurven (Abb. 8).

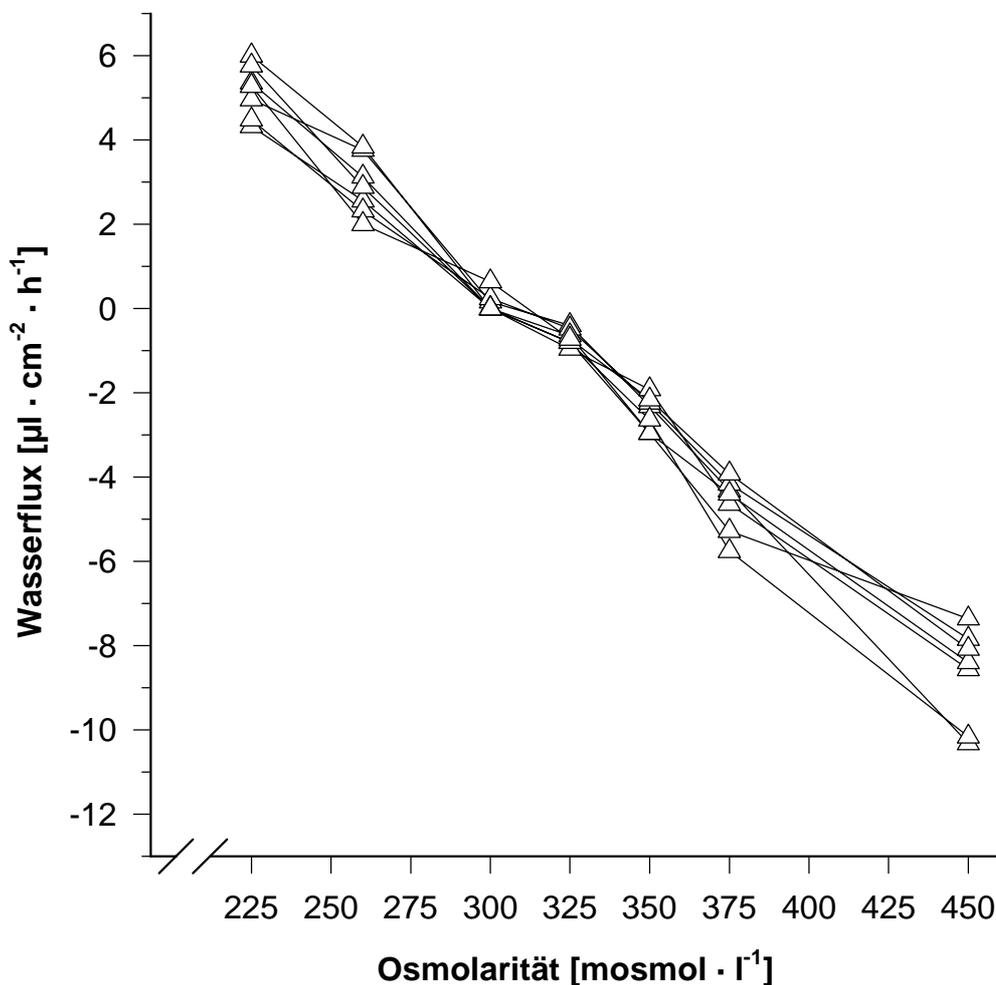


Abb. 8: Einzelwerte der Wasserfluxraten unter Verwendung von Mannit bei kraffuttergefütterten Schafen (N = 7)

Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Versuchsdaten mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Puffern ($p < 0,01$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsschafen bestand nicht ($p = 0,58$).

Tabelle 8: Wasserfluxraten unter Verwendung von Mannit bei kraftfuttergefütterten Schafen (ein Minuszeichen bedeutet eine Sekretion zur Lumenseite)

Pufferosmolarität [mosmol·l⁻¹]	225	260	300 iso- osm.	325	350	375	450
Wasserflux [µl · cm ⁻² · h ⁻¹]	5,17	2,93	0,14	- 0,68	- 2,46	- 4,64	- 8,67
S. E. M.	0,23	0,26	0,09	0,07	0,15	0,24	0,43
N	7	7	7	7	7	7	7

Die angegebenen Werte (Tab. 8) sind als Mittelwerte aller Tiere (N = 7) für die jeweilige luminale Osmolarität zu verstehen. Es ist zu erkennen, daß es im Mittel unter isoosmotischen Bedingungen zu einer geringen Wasserresorption von $0,14 \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0,09$ (S. E. M.) kam. Auch in diesen Versuchen ergab sich eine lineare Beziehung zwischen den Wassertransportraten und der luminalen Osmolarität: $y = - 61,82 \cdot 10^{-3} x + 19$ ($y = \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, $x = \text{mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Nach dieser Gleichung erfolgt im Mittel kein Nettowassertransport bei einem osmotischen Druck von $307 \text{ mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Da sich auch in diesem Falle ein linearer Zusammenhang zwischen den Wassertransportraten und dem osmotischen Druck der luminalen Pufferlösung ergab, wurde wie unter 4.3.3.1. erwähnt, mit den Steigungen der Regressionsgeraden der einzelnen Tiere gerechnet. Die Steigungen der Regressionsgeraden aus den Versuchen, in denen der osmotischen Druck in der luminalen Lösung durch Mannit verändert wurde, waren zwischen heu- und kraftfuttergefütterten Schafen nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0.62$).

4.3.3.2. Erhöhung der Osmolarität mit Hilfe der Kaliumsalze der flüchtigen Fettsäuren

Pro Tier wurden acht Pansenepithelstücke unter den sieben oben aufgeführten Osmolaritäten verwendet. Die folgende Darstellung zeigt die Einzeldaten aller Tiere des Versuchsabschnittes als Verlaufskurven (Abb. 9).

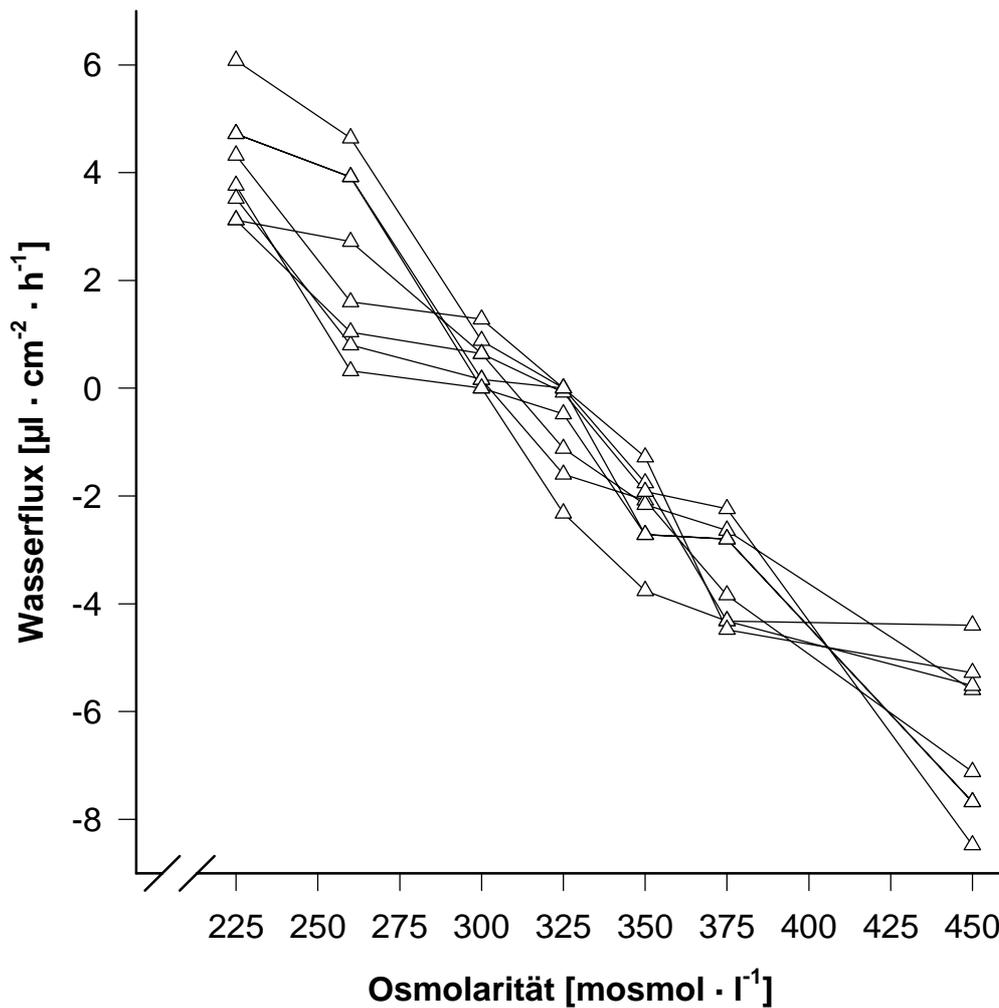


Abb. 9: Einzelwerte der Wasserfluxraten unter Verwendung von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren bei krafffuttergefütterten Schafen (N = 8)

Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Versuchsdaten mittels einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Puffern ($p < 0,01$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsschafe bestand nicht ($p = 0,16$).

Tabelle 9: Wasserfluxraten unter Verwendung von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren bei krafftuttergefütterten Schafen (ein Minuszeichen bedeutet eine Sekretion zur Lumenseite)

Pufferosmolarität [mosmol·l ⁻¹]	225	260	300 iso- osm.	325	350	375	450
Wasserflux [μl · cm ⁻² · h ⁻¹]	4,17	2,37	0,47	- 0,7	- 2,3	- 3,43	- 6,47
S. E. M.	0,36	0,58	0,16	0,31	0,27	0,32	0,51
N	8	8	8	8	8	8	8

In Tabelle 9 sind die Mittelwerte der Wasserfluxraten aller Tiere (N = 8) für die jeweilige Pufferosmolarität pro Stunde aufgeführt. Es ist zu erkennen, daß es im Mittel unter isoosmotischen Bedingungen zu einer geringen Wasserresorption von $0,47 \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0,16$ (S. E. M.) kam. Auch in dieser Versuchsserie ergab sich eine lineare Beziehung zwischen der luminalen Osmolarität und dem Wassertransport: $y = - 48 \cdot 10^{-3} x + 14,82$ ($y = \mu\text{l} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, $x = \text{mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Nach dieser Gleichung sistiert der Nettowasserflux im Mittel bei einer Osmolarität von $309 \text{ mosmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Wie unter 4.3.3.1. erwähnt, wurden die Regressionsgeraden der einzelnen Tiere gebildet. Die Steigungen der Regressionsgeraden der heugefütterten Schafe und der krafftuttergefütterten Schafe zeigen im Falle der Verwendung der Kaliumsalze der flüchtigen Fettsäuren einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$). Aus der folgenden Grafik wird deutlich, daß die Wasserfluxraten bei den mit Krafftutter gefütterten Schafen geringer waren. Es sind die Regressionsgeraden aus den Mittelwerten der jeweiligen Versuchsserien dargestellt (Abb. 10).

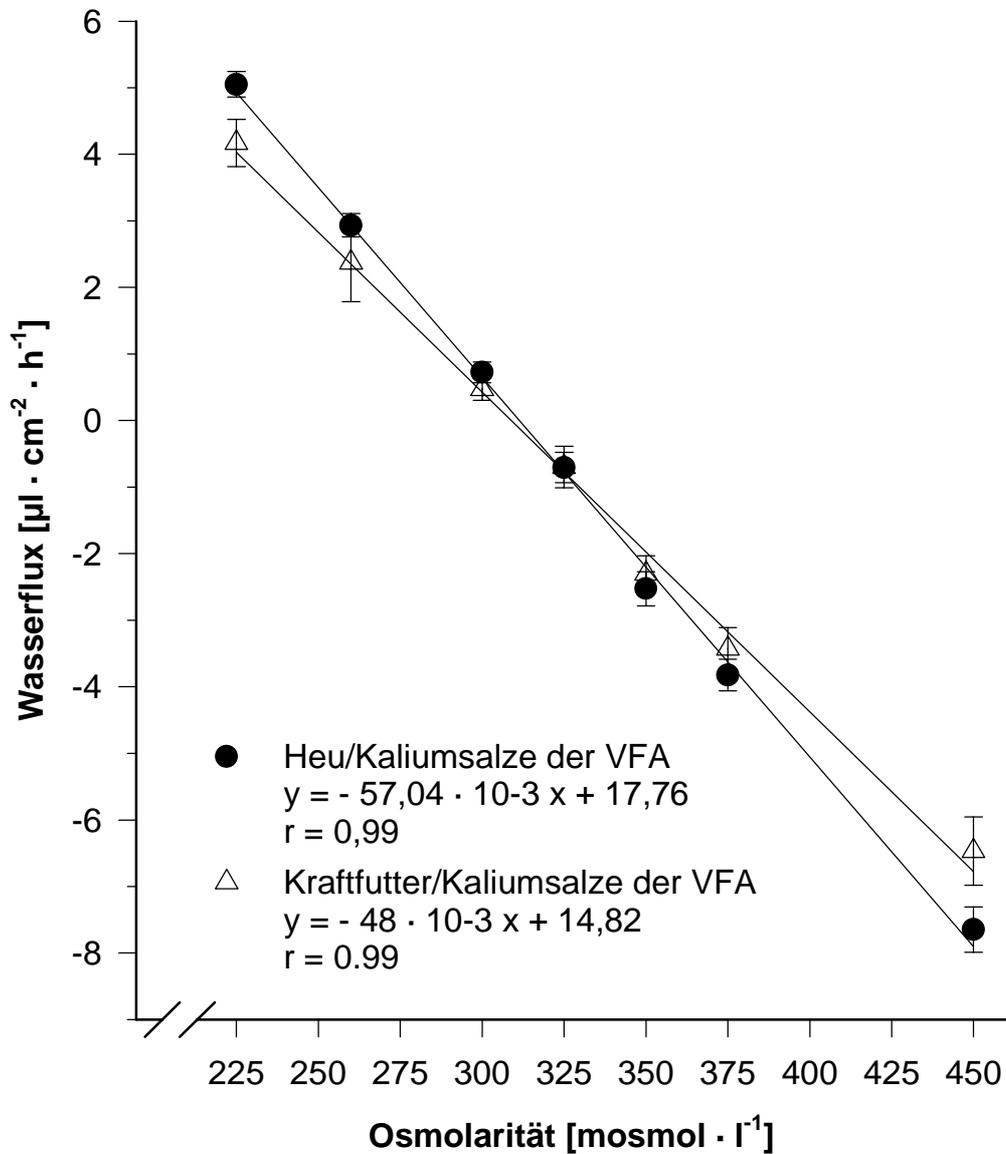


Abb. 10: Wasserfluxraten unter Verwendung von Kaliumsalzen der flüchtigen Fettsäuren (VFA) bei heugefütterten Schafen (N = 11) und krafffuttergefütterten Schafen (N = 8)

Die einzelnen Punkte dieses Graphen stellen die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen Wasserflussmessungen dar. Die S. E. M. wird durch die vertikalen Fehlerbalken dargestellt. N = Anzahl der Schafe.

4.4. Gewichte des Pansenepithels

Die Bestimmung von Transportraten durch Epithelien erfolgt in Bezug auf die Fläche der verwendeten Kammern. Dieser Bezug ist immer dann korrekt, wenn das genutzte Epithel keine Zotten aufweist (z. B. Froschhaut oder Harnblase). Bei der Verwendung von Epithelien mit Zotten ergeben sich somit immer Abweichungen, weil die Kammerfläche nicht der Epitheloberfläche entspricht. Aus diesem Grunde werden ergänzende Bezugsgrößen verwendet. Ein einfaches Verfahren ist hierbei der Bezug auf das Trockengewicht der Epithelien. Dabei wird angenommen, daß Zottenzahl und -größe das Trockengewicht entsprechend beeinflussen. Aus diesem Grunde wurden die Wasserfluxraten auf das Trockengewicht der Schleimhaut bezogen. Die errechneten Werte (Wasserfluxrate pro mg Trockengewicht) wurden mit Hilfe der Varianzanalyse mit Meßwertwiederholung überprüft. Hierbei zeigte sich ein signifikante Unterschied zwischen den einzelnen Tieren ($p < 0.05$) und führte zu einer größeren Streuung der Werte der Einzeltiere. Somit war es nicht sinnvoll, die Ergebnisse für weitere Untersuchungen zu nutzen.

4.5. Potentialdifferenzen über das Epithel des Pansens

4.5.1. Einleitung

Das transepitheliale Potential, PD_t , ergibt sich aus der Summe aktiver, elektrogener Ionentransportraten und dem Widerstand des Epithels. Aus diesem Grunde erfolgt eine Bestimmung der epithelialen Potentialdifferenz (PD_t -Messungen) u. a. auch zur Überprüfung der Vitalität der im Versuch befindlichen Epithelstücke, wobei man davon ausgeht, daß ein PD_t auf aktiven Ionentransport zurückzuführen ist, der nur in noch lebenden Epithelien erbracht wird. Die PD_t -Messungen wurden während des gesamten Verlaufs der Versuche aufgezeichnet. Zur Auswertung kamen der PD_t -Wert direkt vor dem Pufferwechsel (PD_{t0}) sowie der Mittelwert des 30-minütigen Versuchsabschnittes (PD_{tv}).

4.5.2. PD_t-Veränderungen unter Verwendung von Mannit

Ein Pufferwechsel auf der luminalen Seite und die damit verbundene Veränderung der Osmolarität beeinflusste in allen Fällen die PD_t, das Ausmaß und Zu- oder Abnahme wurde durch die Osmolarität bestimmt. Den erhaltenen Zusammenhang gibt die Abb. 11 wieder. Eine Verringerung der luminalen Osmolarität verursachte bei einer Veränderung des osmotischen Druckes $< 300 \text{ mosmol}\cdot\text{l}^{-1}$ eine Zunahme der PD_t. Erhöhungen des osmotischen Druckes $> 300 \text{ mosmol}\cdot\text{l}^{-1}$ führten dagegen zu einer Abnahme. Die Abb. 11 zeigt auch, daß Veränderungen des osmotischen Druckes von 255 bis 325 $\text{mosmol}\cdot\text{l}^{-1}$ die PD_t kaum beeinflussen. Zwischen den beiden Fütterungsgruppen ergaben sich nach Berechnung mit dem Mann-Whitney-Rang-Test keine signifikanten Unterschiede in den PD_t Meßwerten. Abbildung 12 zeigt einen Originalverlauf zweier PD-Messungen über den sechzig minütigen Versuchsabschnitt.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der Meßwerte zu erzielen, wurde die Differenz (ΔPD_t) aus dem PD_t-Mittelwert des 30-minütigen Versuchsabschnittes (PD_{tV}) minus dem PD_t-Wert direkt vor dem Pufferwechsel (PD_{t0}) gebildet: $\Delta\text{PD}_t = \text{PD}_{tV} - \text{PD}_{t0}$.

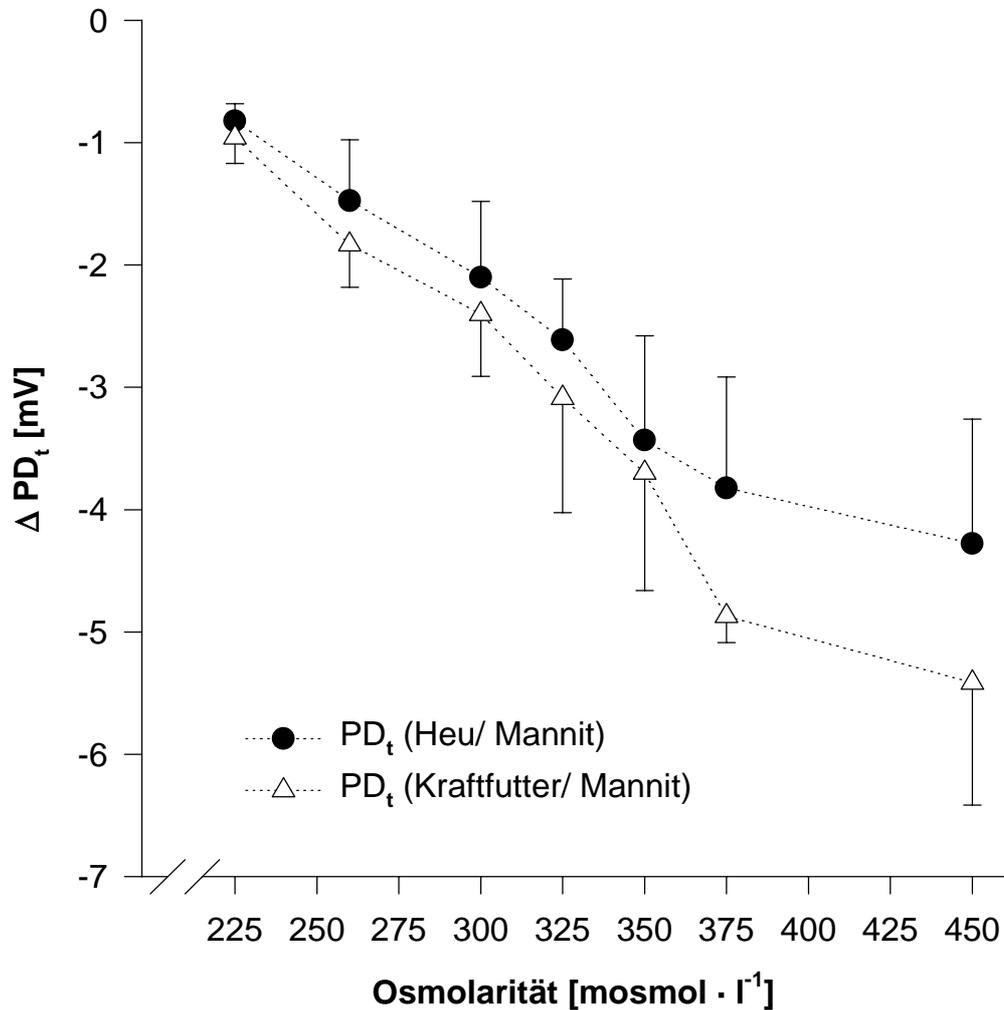


Abb. 11: ΔPD_t in Abhängigkeit von der luminalen Osmolarität (Mannit)

Die einzelnen Punkte in diesen Graphen stellen die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen PD_t -Messungen dar. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die S. E. M. nur mit Fehlerbalken in eine Richtung dargestellt.

$$\Delta PD_t = PD_{tV} - PD_{t0}$$

PD_{t0} = PD_t -Wert direkt vor dem Pufferwechsel

PD_{tV} = PD_t -Mittelwert des 30-minütigen Versuchsabschnittes nach dem Pufferwechsel, in dem auch die Wassertransportraten bestimmt wurden.

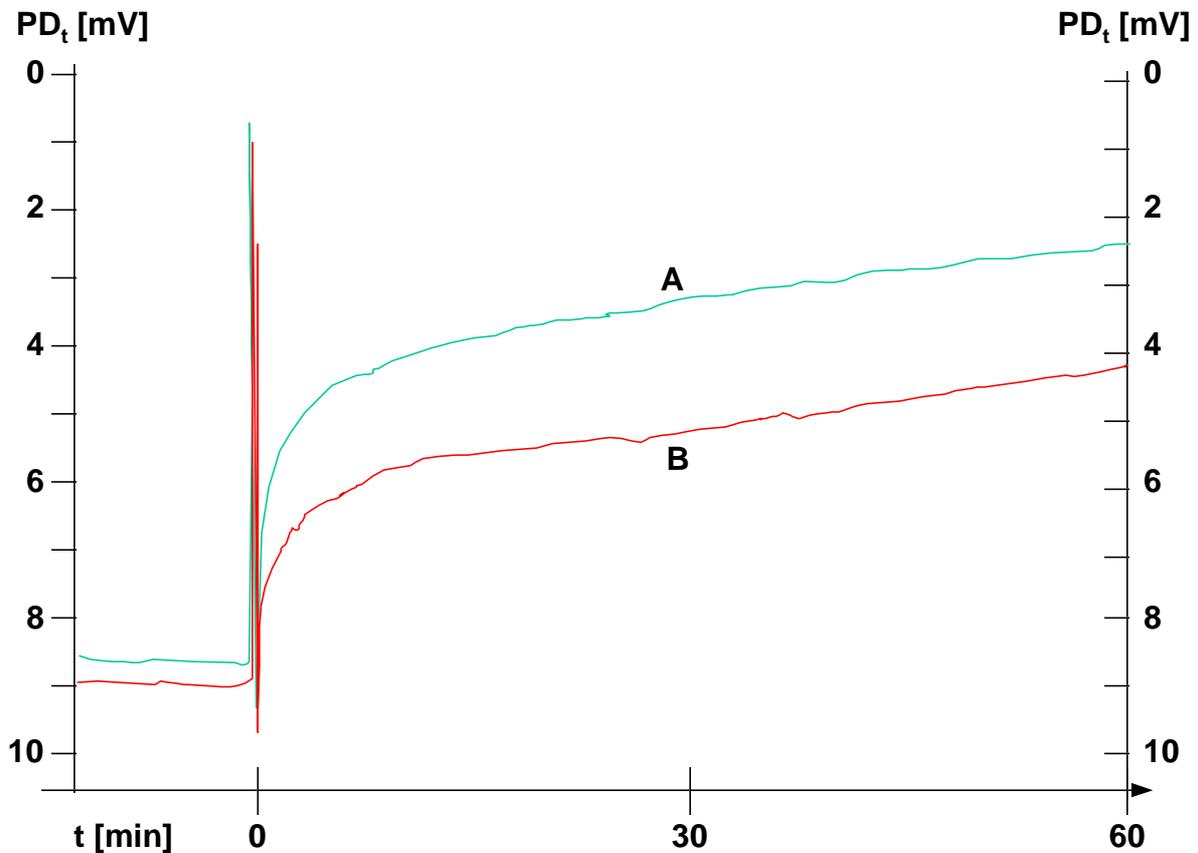


Abb. 12: Originalverlauf einer PD_t-Wertmessung bei 375 (B) und 450 (A) mosmol·l⁻¹ (Bei t = 0 erfolgte der Pufferwechsel)

Auf der X-Achse des Diagramms ist der Zeitverlauf des Versuches dargestellt. Vor dem Zeitpunkt 0 ist ein Teil der Äquilibrationsphase zu sehen. Am Zeitpunkt 0 erfolgte der Pufferwechsel. Hieran schloß sich die dreißigminütige Anpassungsphase. Ab dem Zeitpunkt 30 Minuten wurden die Wasserfluxraten gemessen. Die Y-Achse ist in umgekehrter Richtung skaliert, es kommt somit zu einem deutlichen Abfall des Potentials bei einem Pufferwechsel mit Osmolaritäten >300 mosmol·l⁻¹.

4.5.3. PD_t-Veränderungen nach Verwendung von Kaliumsalzen der VFA

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse dieser Versuchsserie ist eine Vorbemerkung notwendig. Die Erhöhung des osmotischen Druckes in der luminalen Lösung mit Kaliumsalzen der VFA ist mit einer Erhöhung der mukosalen Kaliumkonzentration verbunden, so daß sich ein Kaliumgradient zwischen der luminalen und serosalen Seite ergibt. Nun ist seit vielen Jahren bekannt, daß Kaliumgradienten am Pansenepithel zu einer Erhöhung der PD_t führen. Aus diesem Grunde sind die in dieser Versuchsserie beobachteten PD_t-Veränderungen nicht direkt mit der vorherigen Versuchsserie zu vergleichen. Wie zu erwarten war, veränderten sich nach dem Auswechseln der Puffer auf der mukosalen Seite die PD_t-Werte. Bei einer Erhöhung der Osmolarität auf der mukosalen Seite im Anschluß an die Äquilibrationsphase stieg die PD_t in allen Fällen an. Einen nachweislichen Einfluß auf den PD_t-Wert nach dem Pufferwechsel hatte dabei die Konzentration der Kaliumsalze. Mit steigender Kalium(salz)konzentration stieg der PD_t-Wert an. Bei einer Osmolarität von 225 mosmol pro Liter enthielt der Puffer gleiche Kaliumkonzentrationen auf beiden Seiten des Epithels (kein Kaliumgradient). Der Anstieg des PD_t-wertes war unter diesen Bedingungen gering, rein osmotisch bedingt und somit mit den Ergebnissen der Mannitversuche vergleichbar (Abb. 13).

Desgleichen wurde zur besseren Vergleichbarkeit der Meßwerte die Differenz (ΔPD_t) aus dem PD_t-Mittelwert des 30-minütigen Versuchsabschnittes (PD_{tV}) minus dem PD_t-Wert direkt vor dem Pufferwechsel (PD_{t0}) gebildet: $\Delta PD_t = PD_{tV} - PD_{t0}$.

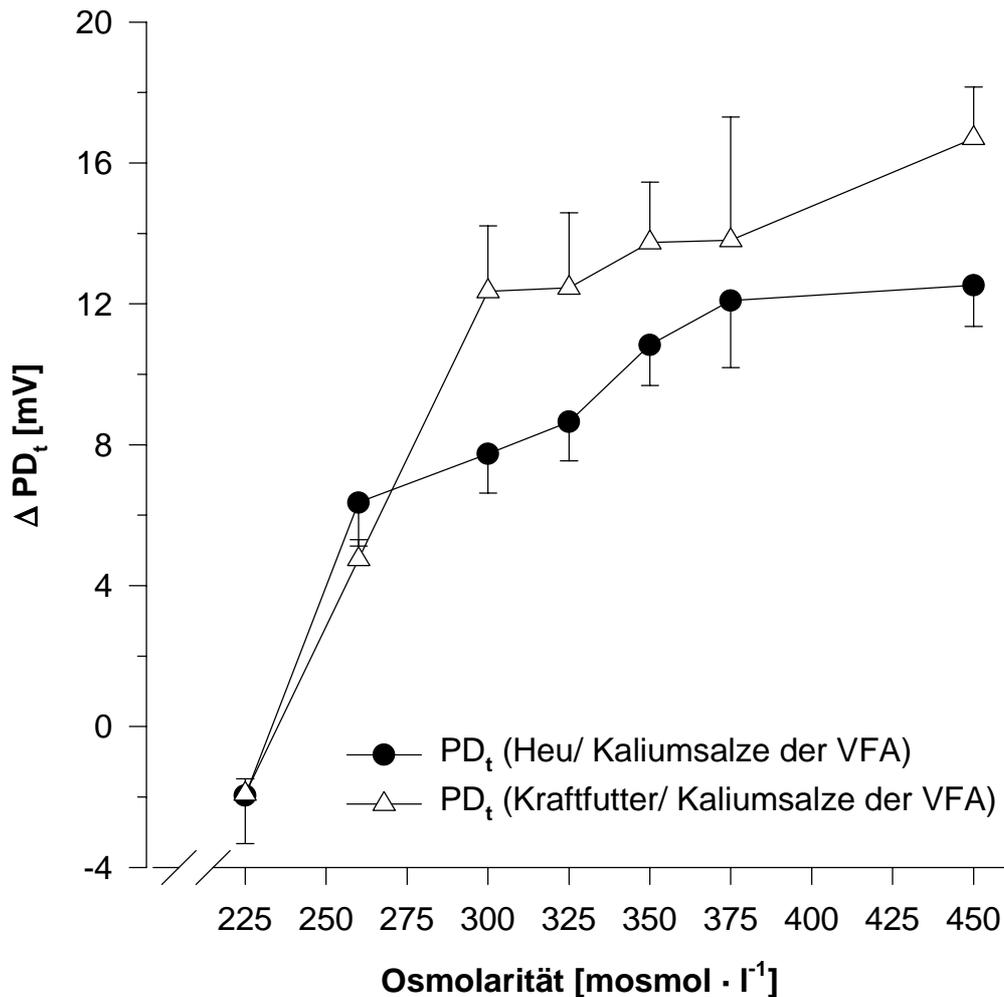


Abb. 13: ΔPD_t nach mukosaler Zugabe von Kaliumsalzen der VFA

Die einzelnen Punkte in diesen Graphen stellen die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen PD_t -Messungen dar. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die S. E. M. nur mit Fehlerbalken in eine Richtung dargestellt.

$$\Delta PD_t = PD_{tV} - PD_{t0}$$

PD_{t0} = PD_t -Wert direkt vor dem Pufferwechsel

PD_{tV} = PD_t -Mittelwert des 30-minütigen Versuchsabschnittes nach dem Pufferwechsel, in dem auch die Wassertransportraten bestimmt wurden.

Die PD_t -Werte nach Erhöhung der mukosalen Kaliumkonzentration zeigten keinen linearen Anstieg. Im hyperosmolaren Bereich bildete sich ein Plateau aus. Der durchgeführte Mann-Whitney-Rank-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den PD_t Meßwerten der jeweiligen Osmolaritäten der heu- und der kraftfutterm gefütterten Tiere.

4.6. pH-Werte

Die pH-Werte im unteren Teil der modifizierten Kammer nach USSING wurden als ein weiterer Parameter zur Kontrolle der Versuchsbedingungen genutzt. Der isoosmotische Puffer, der sich in dem Teil der Kammer befand, wurde bei der Herstellung auf einen pH-Wert von 7,4 eingestellt (s. Anhang). Die nach Versuchsende gemessenen pH-Werte sind in dem folgenden Histogramm dargestellt (Abb. 14).

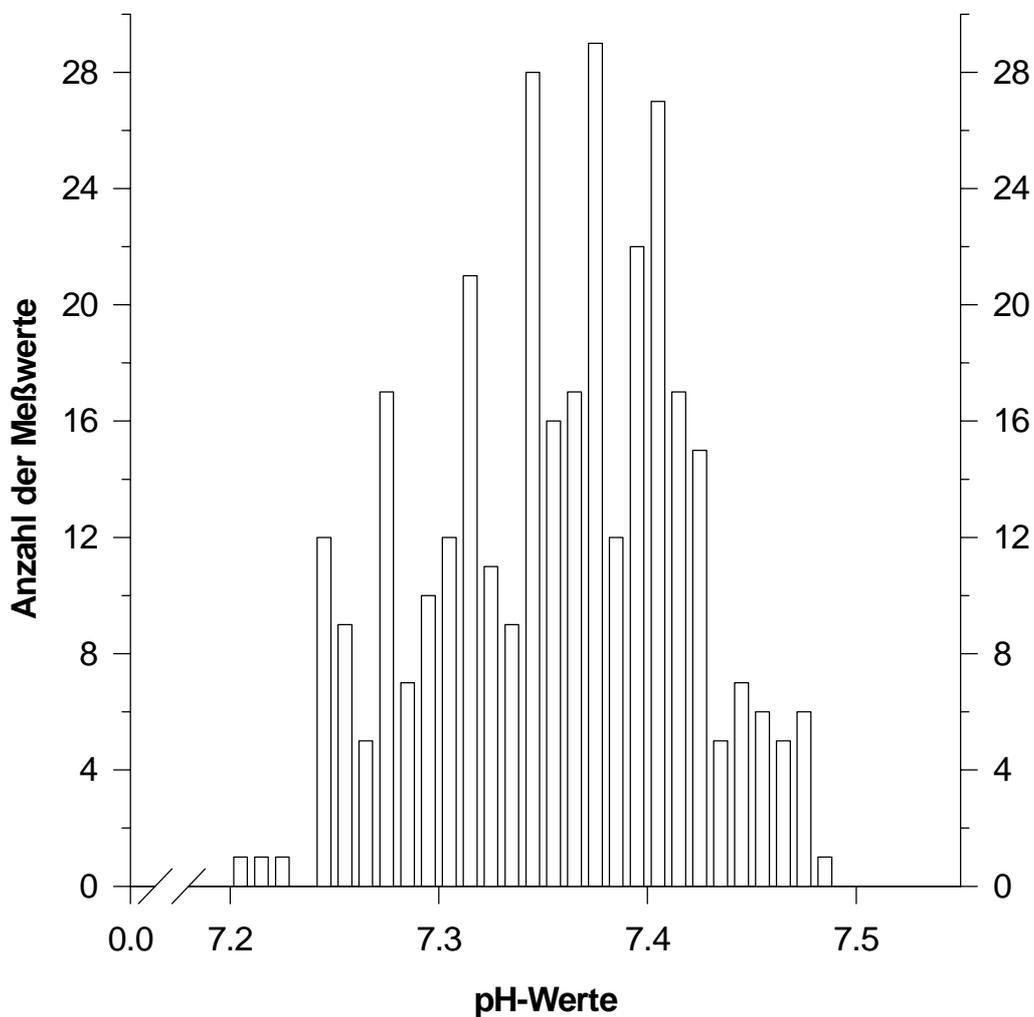


Abb. 14: Gesamtheit der gemessenen pH-Werte

Ergebnisse

Die gemessenen pH-Werte lagen zwischen 7,21 und 7,49. Der am häufigsten gemessene pH-Wert war 7,38 und entsprach damit dem Wert, der auch mukosal mit Begasung gemessen wurde. Obwohl in dem unteren Teil der Kammer über die gesamte Versuchsdauer das Epithel nicht begast wurde, lagen die pH-Werte in allen Versuchen im physiologischen bis gering alkalischen Bereich. Eine Akkumulation von Stoffwechselprodukten dürfte nicht stattgefunden haben, da in diesem Falle der pH-Wert hätte stark abfallen müssen.