

4. Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse beginnt mit der Phase der technischen Angleichung der Perfusionsapparatur an die Rindergliedmaße. Im Weiteren kommt es zur Auswertung der Vitalitätsparameter und der Vitalität der perfundierten Gliedmaßen, woraus sich eine Beurteilung der Aussagekraft des Modells ergibt. Am Ende wird die Experimentalphase ausgewertet.

4.1 Metabolische Parameter

Glukose

(physiologischer Wert 40 – 60 mg/ dl)

Zur Standardisierung des Modells in Bezug auf die Energieversorgung war es zunächst von Bedeutung, die Glukosekonzentration im Perfusat innerhalb des physiologischen Bereichs zu halten. In den Perfusionen 3 und 5 wurde die Glukose nach dem Modell der Schweinegliedmaße substituiert (nach den ersten 0,5 Stunden 40 ml (2 g Glukose), danach jede Stunde 20 ml 5 %ige Glukoselösung (1 g Glukose) nach WAGNER, 2001. Die Analysen der Perfusatproben zeigten eine starke Hyperglykämie (Abb. 4.1). Aufgrund der sehr geringen stoffwechselaktiven Muskelmasse hat die distale Rindergliedmaße offensichtlich keinen großen Nährstoffbedarf. Der Energieverbrauch nach dem Transport vom Schlachthof zum Labor war sehr hoch.

Aufgrund der Ergebnisse wurden 4 Perfusionen mit einer einmaligen Gabe von 40 ml 5 %iger Glukoselösung (2 g Glukose) zur Stunde 0 durchgeführt.

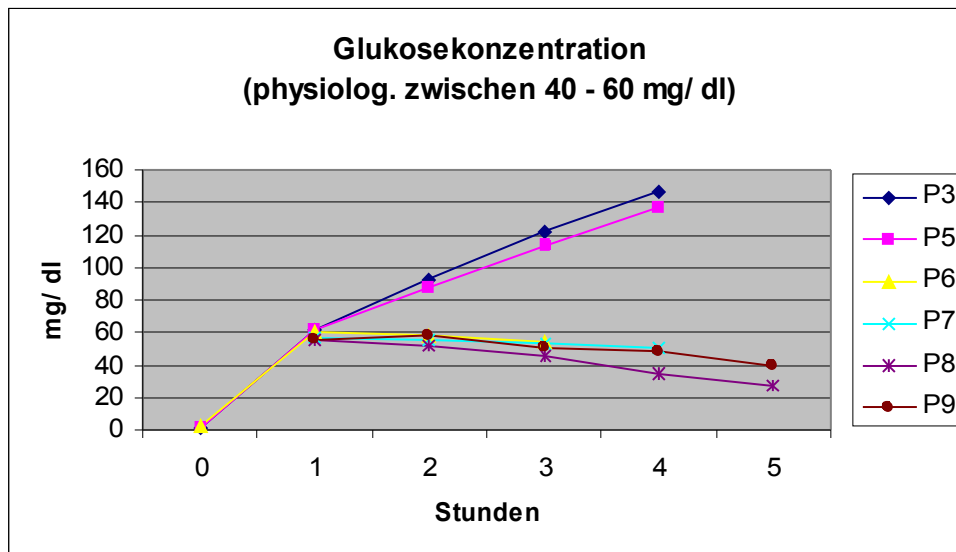


Abbildung 4.1: Glukosekonzentrationen während der Perfusionen 3 – 9

Nach Verlängerung der Perfusionszeit in den Versuchen 8 und 9 auf 5 Stunden zeigte sich ein Abfall der Glukosekonzentration nach 3 Stunden. Es wurden in Perfusion 10 zusätzlich 20 ml 5 %ige Glukoselösung (1 g Glukose) 2,5 Stunden nach Perfusionsbeginn verabreicht. Wie in Abbildung 4.2 ersichtlich, führte die Applikation zu einer Hyperglykämie. Nach Auswertung der Glukosekonzentration wurde mit einer Substitution von 40 ml 5 %ig Glukose (2 g) zur Stunde 0 und nach 2,5 h, 3 h sowie 3,5 h, und 4 h mit 5 ml (0,25 g) weiter substituiert. Insulin wird nach 0,5 Stunden und nach 3,5 Stunden zugegeben. Diese Applikation erfolgte in allen weiteren Perfusionen, außer bei Vollblutperfusionen.

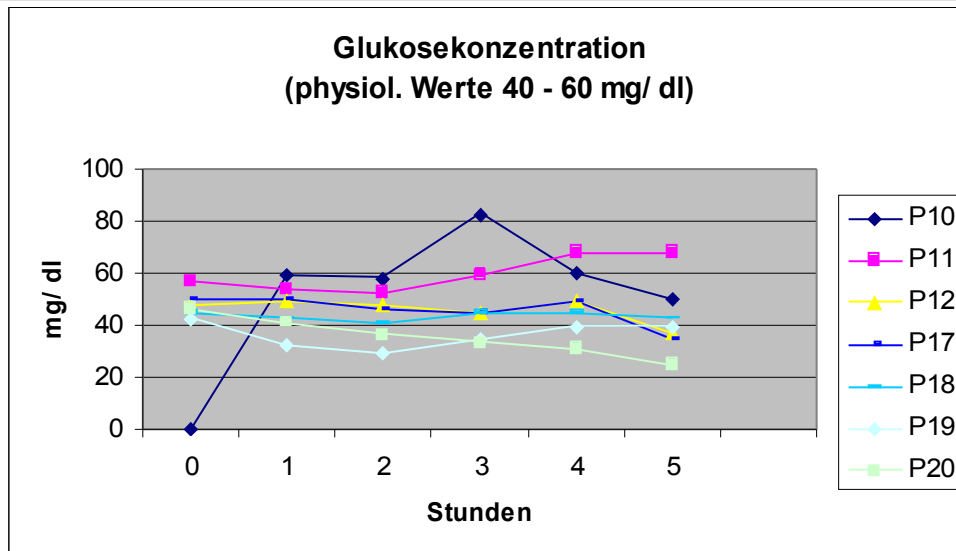


Abbildung 4.2: Glukosekonzentration während der Perfusionen 10, 11, 12, 17, 18, 19 und 20

Die Perfusionen 13, 14, 15 und 16 wurden mit autologem Vollblut vorgenommen. Durch die Zugabe von 445 ml Vollblut verringerte sich die Perfusat/ Dialysatmenge von 3700 ml auf 3255 ml. Es war davon auszugehen, dass in dem Vollblut bereits die erforderliche Menge Glukose enthalten war. Deshalb ergab sich rechnerisch folgende Gleichung:

$$3700 \text{ ml Perfusat/ Dialysat} : 2 \text{ g Glukose} = 3255 \text{ ml Perfusat/ Dialysat} : X \Leftrightarrow X=1,76 \text{ g}$$

In Perfusion 13 wurden einmalig 36 ml 5 %ige Glukoselösung (1,76 g Glukose) zugegeben. Die Abbildung 4.3 zeigt, dass ebenfalls ab Stunde 3 der Perfusion der Blutzuckerspiegel unter den physiologischen Wert abfiel. In den weiteren Perfusionen wurden nach Stunde 2 und nach Stunde 4 jeweils 5 ml 5 %ige Glukoselösung verabreicht.

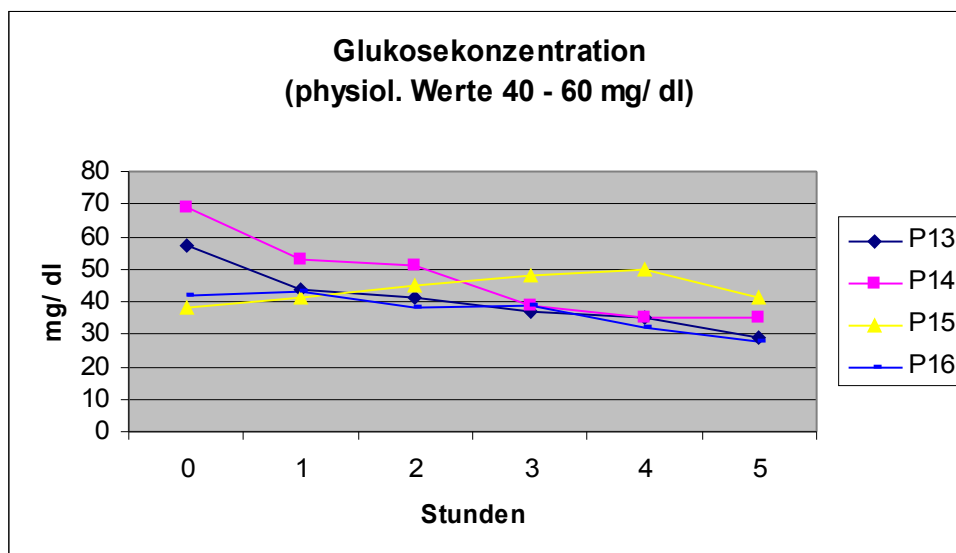


Abbildung 4.3: Glukosekonzentration während der Perfusionen 13, 14, 15, 16

Elektrolytversorgung

Da die physiologische Konzentration der Elektrolyte ebenfalls für die Überlebensfähigkeit der Zelle unerlässlich ist, wurde während der Perfusionen der Elektrolytgehalt des Perfusates in halbstündlichen Abständen kontrolliert (Abb. 4.4 bis 4.11).

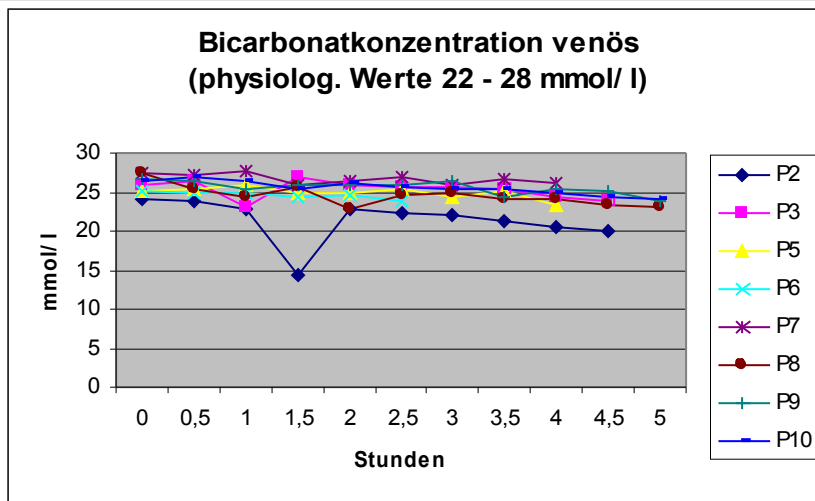


Abbildung 4.4:
Bicarbonatkonzentration
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

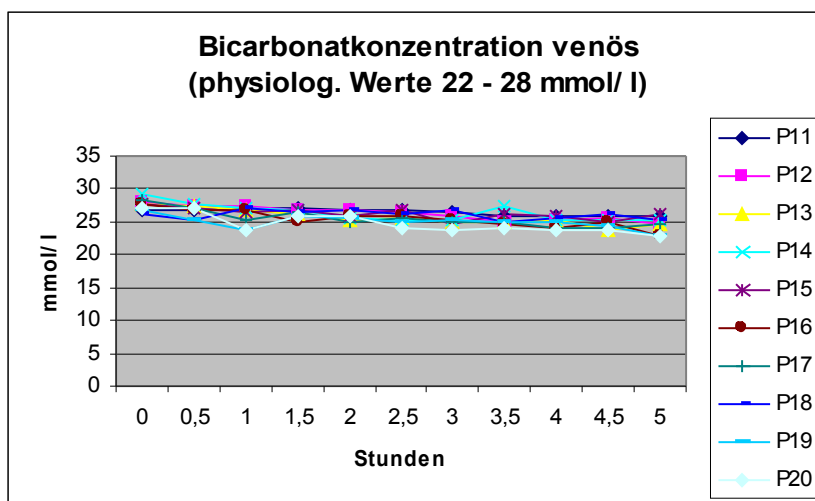


Abbildung 4.5:
Bicarbonatkonzentration
während der
Perfusionen 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19,
20

Die physiologische Bicarbonatkonzentration (22 – 28 mmol/ l) wurde nur während der zweiten Perfusion unterschritten. In allen Perfusionen befand sich die Bicarbonatkonzentration innerhalb des physiologischen Bereichs und unterlag keinen großen Schwankungen, wie die Abbildung 4.5 klar belegt.

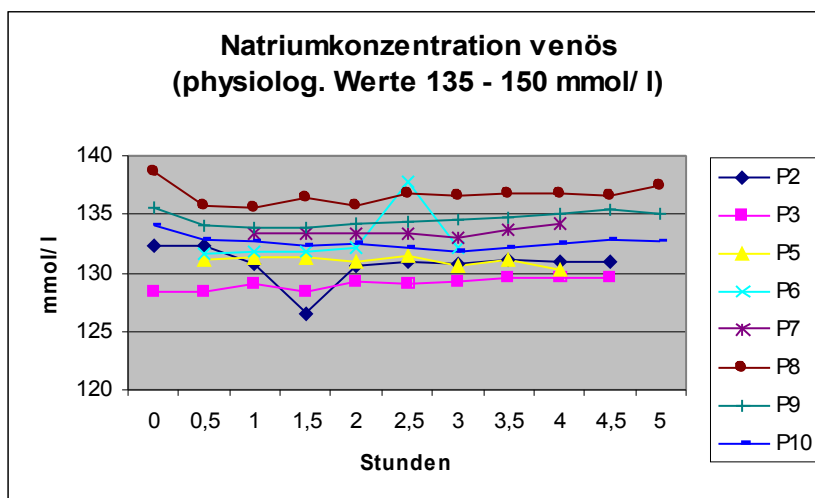


Abbildung 4.6:
Natriumkonzentration
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

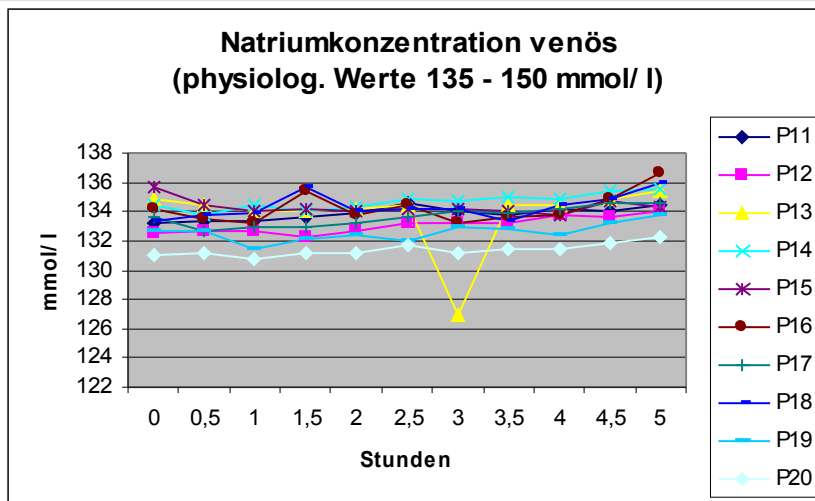


Abbildung 4.7:
Natriumkonzentration
während der
Perfusionen 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19,
20

Die physiologische Natriumkonzentration (135 – 150 mmol/ l) wurde in keiner der Perfusionen überschritten. Besonders in den ersten Perfusionen war sie jedoch weit unterhalb der physiologischen Werte. Die Natriumkonzentration wurde langsam erhöht. In den Perfusionen 11 – 19 ist die physiologische Breite weitestgehend erreicht. In Perfusion 20 ist die Konzentration wieder unter die physiologische Breite gefallen. Innerhalb der Perfusionen blieb die Natriumkonzentration nahezu konstant.

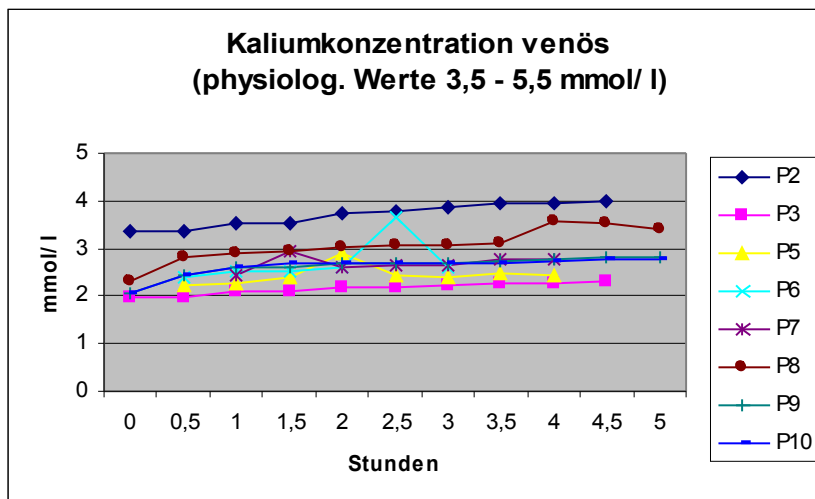


Abbildung 4.8:
Kaliumkonzentration
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

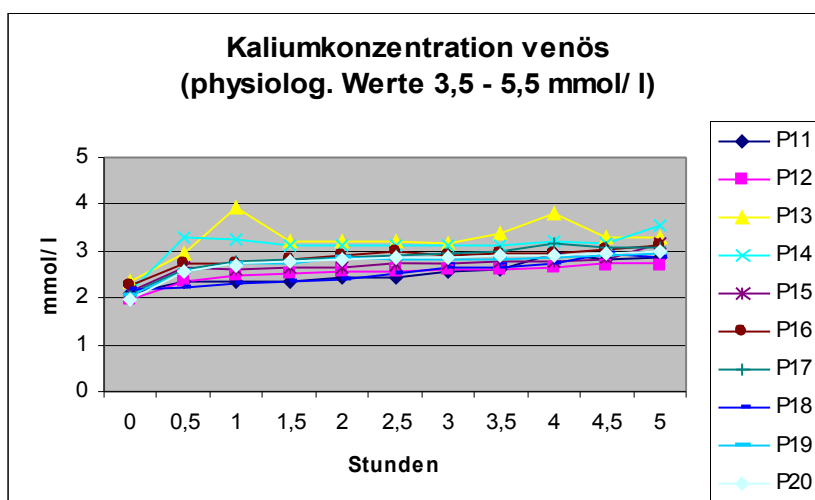


Abbildung 4.9:
Kaliumkonzentration
während der
Perfusionen 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19,
20

Die physiologische Kaliumkonzentration (3,5 – 5,5 mmol/ l) ist in keiner Perfusion überschritten worden. Die Konzentration war jedoch generell zu niedrig. Lediglich in Perfusion 2, 13 und 14 wurden physiologische Werte erreicht. Innerhalb der Perfusionen ist ein flacher Anstieg der Kaliumkonzentrationen zu beobachten.

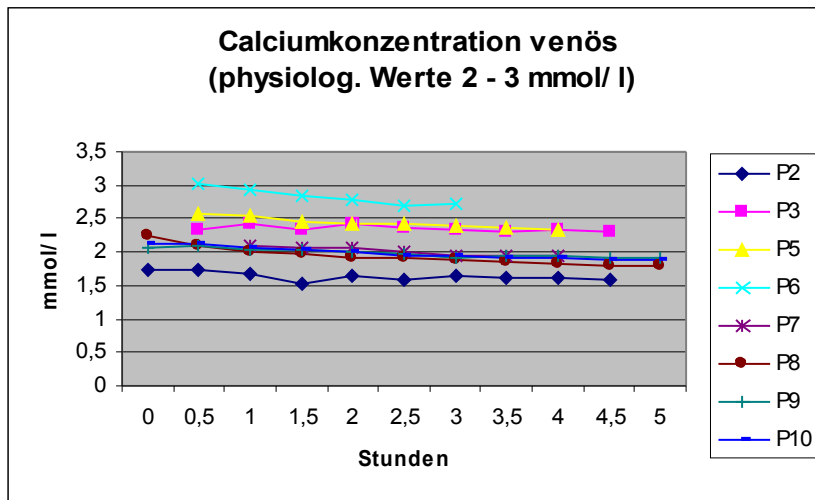


Abbildung 4.10:
Calciumkonzentration
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

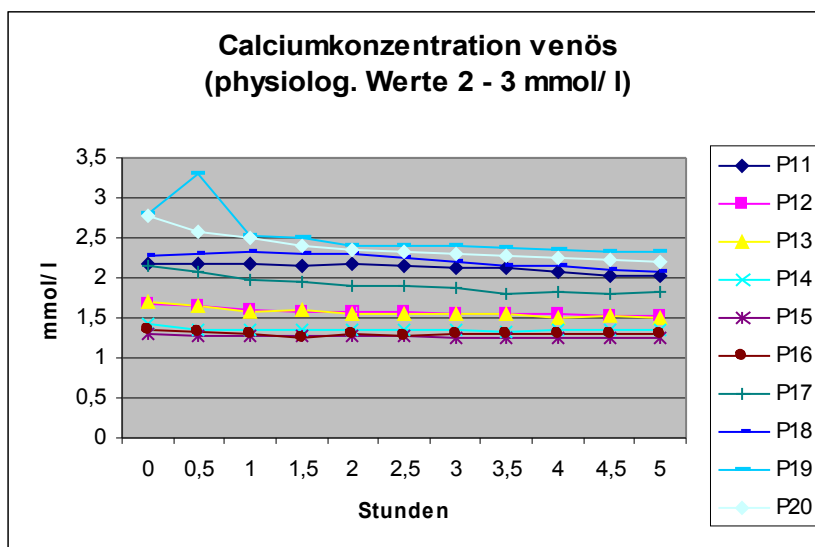


Abbildung 4.11:
Calciumkonzentration
während der
Perfusionen 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19,
20

Die physiologische Calciumkonzentration (2 – 3 mmol/ l) wurde in keiner der Perfusionen überschritten. Die Konzentration war jedoch generell zu niedrig in den Perfusionen 2, 12, 13, 14, 15, 16 und 17. In den Perfusion 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18, 19 und 20 wurden physiologische Werte erreicht. Die Calciumkonzentration wurde ebenfalls langsam erhöht, wobei der Anstieg offenbar nicht linear erfolgte. Der Anfangsbedarf der einzelnen Gliedmaßen schien unterschiedlich zu sein. Innerhalb der Perfusionen fällt die Calciumkonzentration nur flach ab oder bleibt während der gesamten Perfusion konstant.

Blutgase

Die Blutgase wurden auch zur pH – Einstellung benutzt , deshalb können sich kurzfristig hohe CO₂ – Werte ergeben, das gilt ebenso für Sauerstoff (zur Alkalisierung erhöhen). Nach WAGNER (2001) gilt als Richtwert für Sauerstoff >300 mmHg, da nicht mit Vollblut perfundiert wurde, sei ein höherer Partialdruck erforderlich, um die Sauerstoffversorgung ausreichend zu gewährleisten.

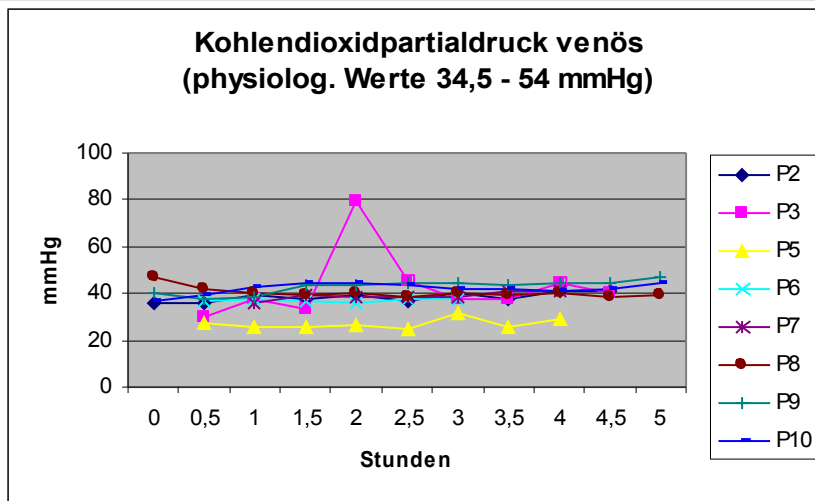


Abbildung 4.12:
Kohlendioxidpartialdruck
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

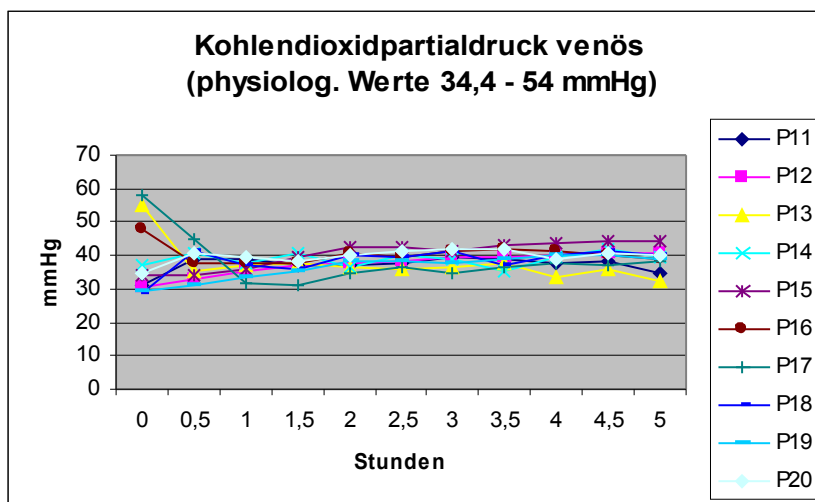


Abbildung 4.13:
Kohlendioxidpartialdruck
während der Perfusionen
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 20

Der Kohlendioxidpartialdruck wurde trotz Manipulation zur Erhaltung eines physiologischen Blut - pH - Wertes außer in Perfusion 5 im physiologischen Bereich gehalten. Die Gliedmaßen der Perfusionen P 14 und P16 wurden mit vergleichsweise hohen CO_2 -Werten an die Apparatur angeschlossen. Im weiteren Verlauf glichen sich die Werte den der anderen Perfusionen an, so dass die Perfusionen insgesamt sehr stabile Kohlendioxidpartialdrücke aufwiesen.

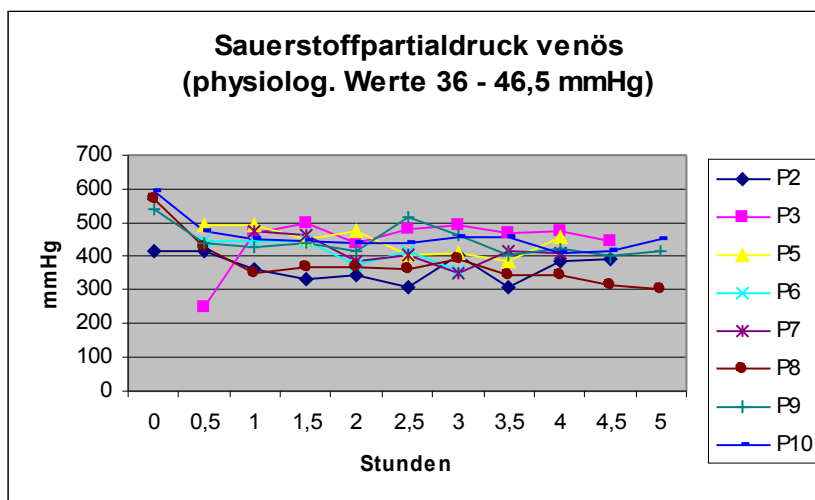


Abbildung 4.14:
Sauerstoffpartialdruck
während der Perfusionen
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

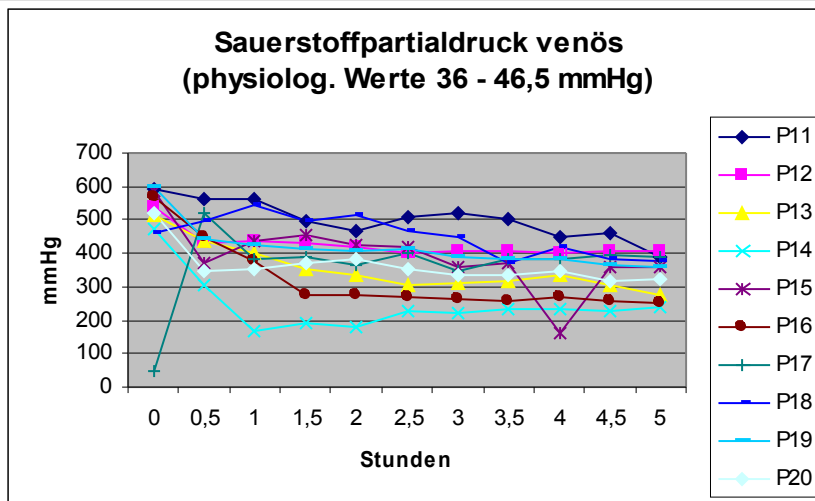


Abbildung 4.15:
Sauerstoffpartialdruck
während der Perfusionen
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 20

Der Sauerstoffpartialdruck von über 300 mmHg wurde außer in Perfusion 14 und 16 in allen Perfusionen erreicht. Die Drücke wiesen besonders im Vergleich der einzelnen Perfusionen aber auch innerhalb einer Perfusion Schwankungen auf.

pH – Wert

Der pH – Wert war während der Perfusion starken Schwankungen unterworfen. Er wurde deshalb manuell durch Gegenregulation der CO_2 – Zufuhr bzw. der O_2 – Zufuhr im physiologischen Bereich gehalten.

Der physiologisch im Blut vorkommende pH – Wert liegt zwischen 7,35 und 7,45. In den Abbildungen 4.16 bis 4.18 sind die pH – Werte der Perfusionen 1 – 3 im Dialysat und im arteriellen wie im venösen Perfusat dargestellt.

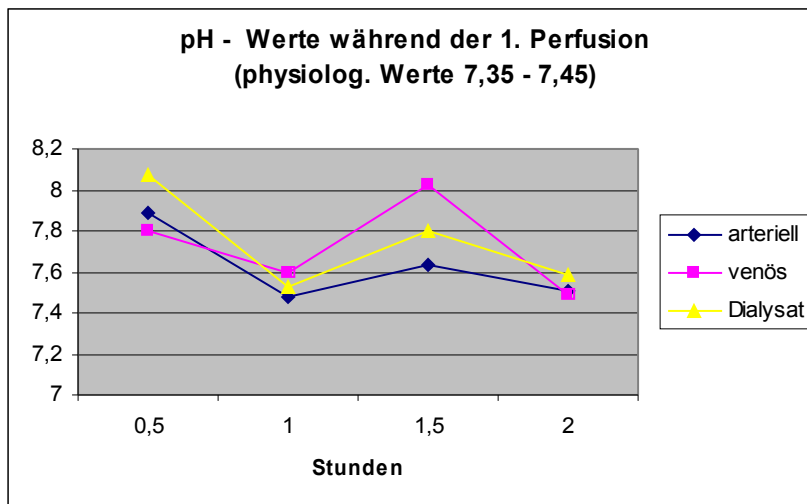


Abbildung 4.16:
pH – Wert der
Perfusion 1

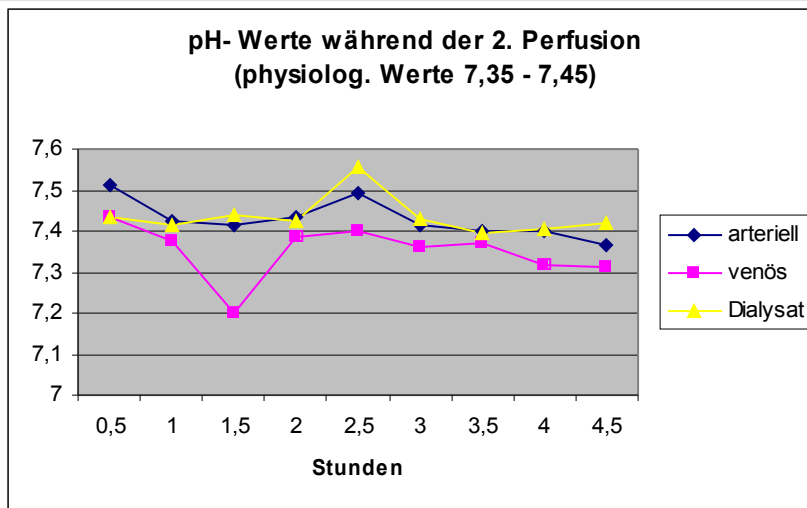


Abbildung 4.17:
pH – Wert der
Perfusion 2

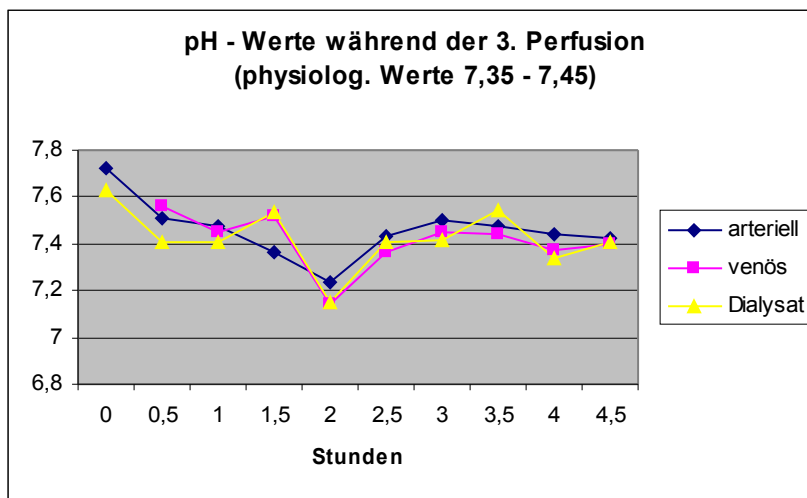


Abbildung 4.18:
pH – Wert der
Perfusion 3

Da die Werte im arteriellen Blut, im venösen Blut und im Dialysat sehr ähnlich sind, wird im weiteren nur der venöse pH – Wert angegeben.

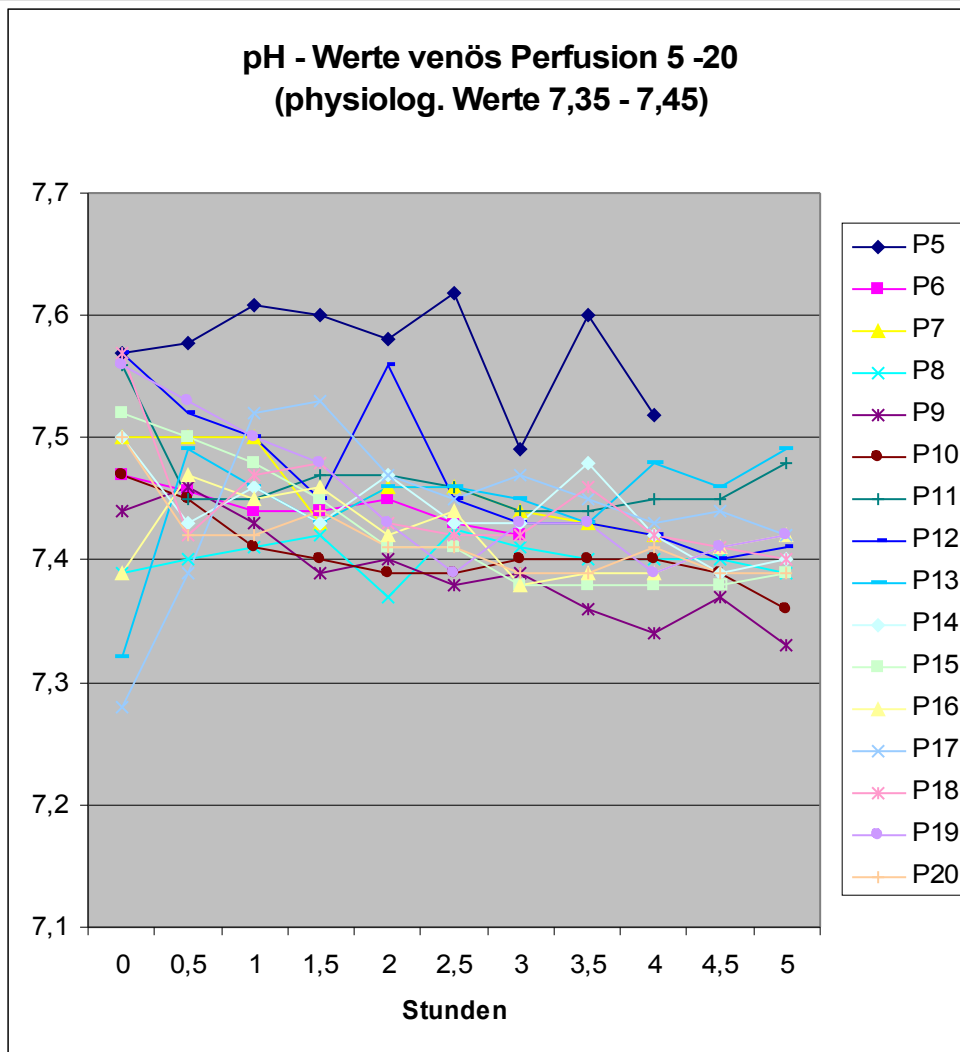


Abbildung 4.19: pH – Wert der Perfusionen 5 -20

Die Perfusionen 1, 2, 3 und 5 zeigen starke Schwankungen. Ab der Perfusion 6 bleibt der pH – Wert im physiologischen Bereich und ist in Perfusion 10 fast schwankungsfrei.