

4 Ergebnisse

4.1 Verhalten der Einzelwerte

Die Tabelle 4 zeigt die explorative Datenanalyse für die Parameter des intravenösen Glukosetoleranztestes. Es sind der arithmetische Mittelwert (\bar{x}), die Standardabweichung (s), der kleinste und der größte Wert (*Min* und *Max*), die drei Perzentile (25%, 50%, 75%) und der Variationskoeffizient ($s\%$) angegeben. Pro Tier wurde jeweils nur eine Untersuchung berücksichtigt, somit liegen der Berechnung 293 Untersuchungen zugrunde.

Bei 38 Bullen wurde die Seruminsulinkonzentration nicht gemessen, deswegen beträgt die Stichprobenzahl für die Insulinparameter 255.

Tab. 4: Beschreibende Statistik für Parameter des ivGTT

<i>Parameter</i>	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	$s\%$
G₀ (mmol/l)	293	4,54	0,70	1,26	6,65	4,22	4,62	4,98	15,4
G_{MAX} (mmol/l)	293	8,85	1,52	4,17	15,20	7,85	8,55	9,40	17,2
G_A	293	37,44	7,36	9,69	71,39	32,89	37,42	42,38	19,7
G_{HWZ} (min)	293	53,63	17,55	16,96	132,00	41,40	51,34	63,49	32,7
I₀ (μU/ml)	255	11,69	6,45	1,78	49,75	7,10	10,19	15,21	55,2
I_{MAX} (μU/ml)	255	74,68	40,51	16,30	237,35	44,03	67,12	96,53	54,2
I_A	255	384,9	202,4	58,5	1354,8	245,6	343,8	495,0	52,6
I_A/G_A	255	10,82	6,38	1,78	35,56	6,19	9,13	14,14	59,0

Es fällt eine weite Streuung der Insulinparameter auf, deren Variationskoeffizienten alle über 50% liegen. Auch die Glukosehalbwegszeit liegt mit einem Variationskoeffizient von 32,7% deutlich über den übrigen Glukoseparametern.

Bei der Betrachtung der arithmetischen Mittelwerte und der Mediane stellt man fest, dass bei den Glukoseparametern, mit Ausnahme der Glukosehalbwegszeit, die Differenz zwischen den beiden Lagemaßen < 1 beträgt. Diese enge Lage ist typisch für ein symmetrisches Verteilungsbild.

Die arithmetischen Mittelwerte der Glukosehalbwertszeit und aller Insulinparameter sind größer als die Mediane. Eine solche Lage spricht für eine rechtsschiefe Verteilung.

Die Prüfung der Parameter auf Normalverteilung wurde u.a. mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests durchgeführt (Tab. 5). Erwartungsgemäß lehnte der Test eine Normalverteilung für G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A ab. Aber auch bei den Glukoseparametern konnte die Hypothese der Normalverteilung nur für G_A nicht abgelehnt werden.

Tab. 5: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests

<i>Parameter</i>	<i>Signifikanz</i> <i>(vor der ln-Transformation)</i>	<i>Signifikanz</i> <i>(nach der ln-Transformation)</i>
G_0 (mmol/l)	0,000	
G_{MAX} (mmol/l)	0,000	
G_A	0,200*	
G_{HWZ} (Min)	0,000	0,200*
I_0 (μ U/ml)	0,000	0,200*
I_{MAX} (μ U/ml)	0,000	0,200*
I_A	0,000	0,200*
I_A/G_A	0,000	0,200*

**hier konnte die Hypothese der Normalverteilung nicht abgelehnt werden*

Zusätzlich wurde das Verteilungsbild der Parameter mit Hilfe der Grafiken beurteilt. Die Betrachtung von Boxplots, Stem-and-Leaf-Diagrammen, Histogrammen und Q-Q-Diagrammen ergaben für G_0 und G_A eine symmetrische Verteilung der Einzelwerte. G_{MAX} ließ ein leichtes rechtsschiefes Verteilungsbild erkennen. Die Insulinparameter und der Quotient aus den Flächenäquivalenten zeigten, wie nach der Beurteilung der arithmetischen Mittelwerte und der Mediane schon erwartet, eine rechtsschiefe Verteilung. Aufgrund dieser Feststellungen und in Anlehnung an die Arbeit von BURKERT (1998) wurden neben G_A auch G_0 und G_{MAX} trotz deren negativen Kolmogorov-Smirnov-Tests ohne Logarithmierung für weitere statistische Auswertungen eingesetzt. Die übrigen Parameter (G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A) wurden zuvor mit dem natürlichen Logarithmus transformiert. Für die ln-transformierten Parameter konnte die Hypothese der Normalverteilung nicht abgelehnt werden (Tab. 5). Auch die graphische Darstellung ergab ein symmetrisches Verteilungsbild.

Abb.5 bis 17 zeigen die Histogramme und die Verteilungskurven für alle Parameter des ivGTT.

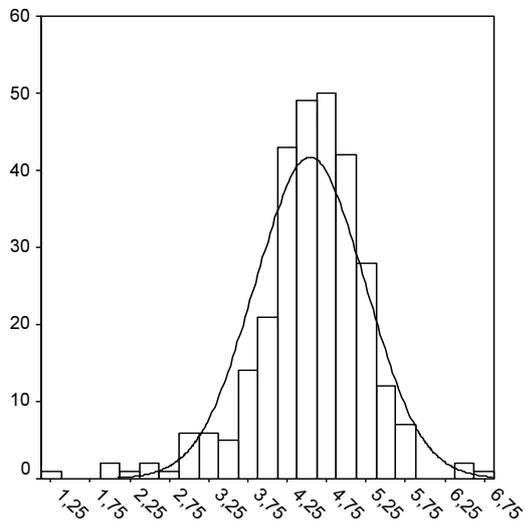


Abb.5: Verteilung von G_0

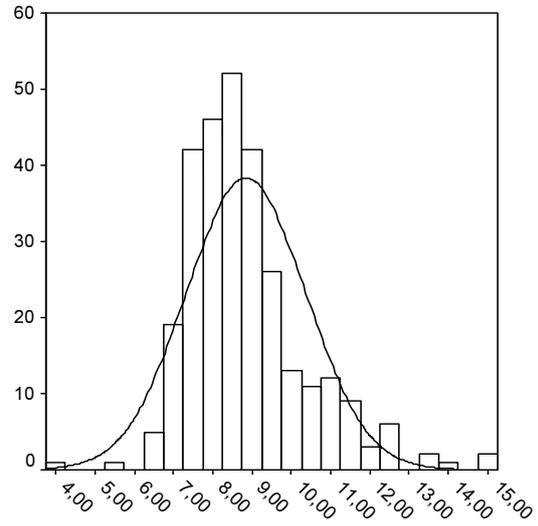


Abb.6: Verteilung von G_{MAX}

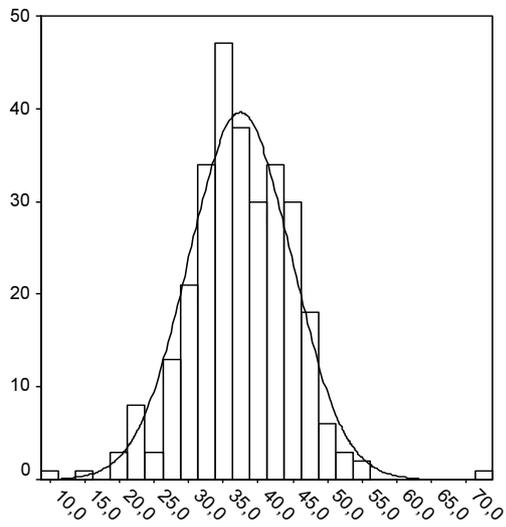


Abb.7: Verteilung von G_A

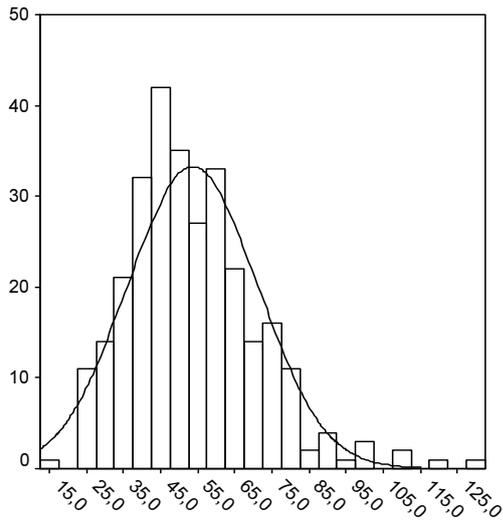


Abb.8: Verteilung von G_{HWZ}

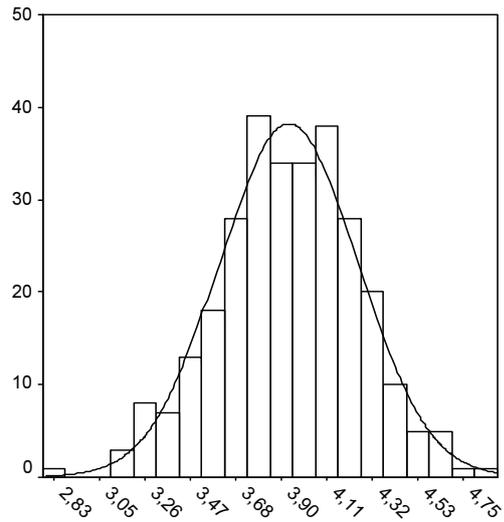


Abb.9: Verteilung von $\ln(G_{HWZ})$

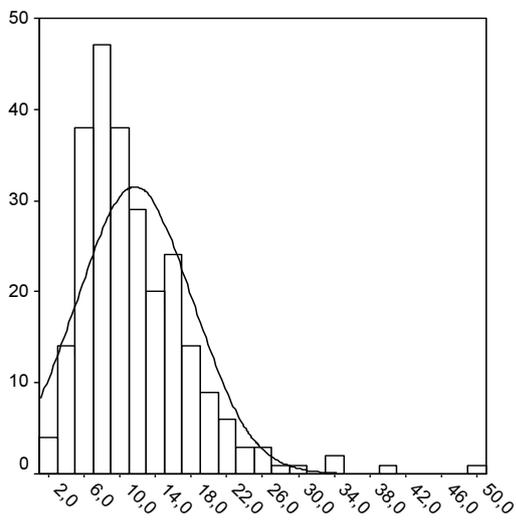


Abb.10: Verteilung von I_0

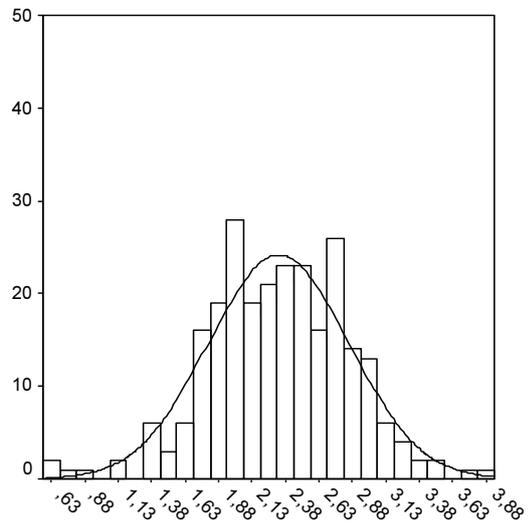


Abb.11: Verteilung von $\ln(I_0)$

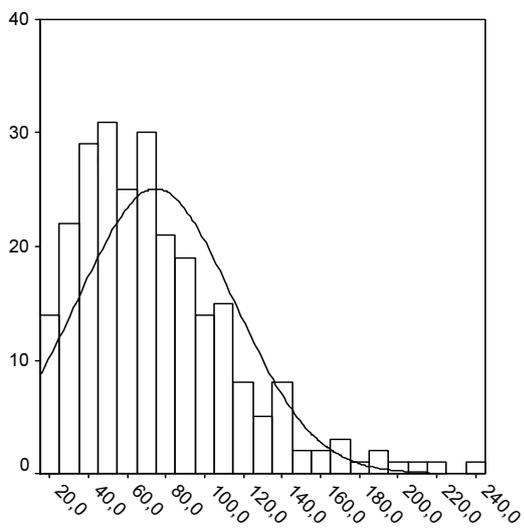


Abb.12: Verteilung von I_{MAX}

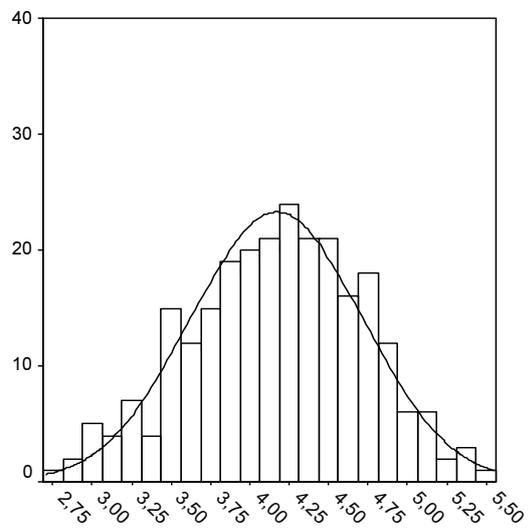


Abb.13: Verteilung von $\ln(I_{MAX})$

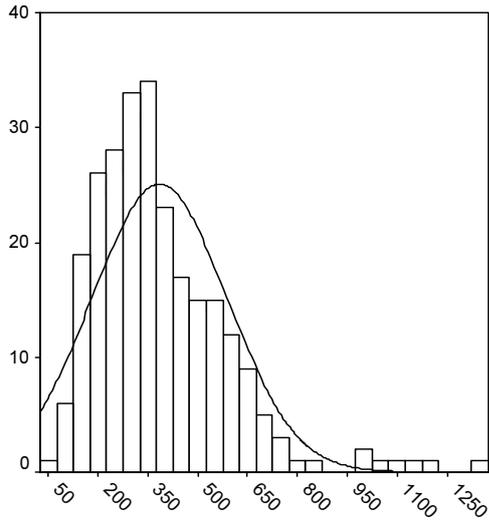


Abb.14: Verteilung von I_A

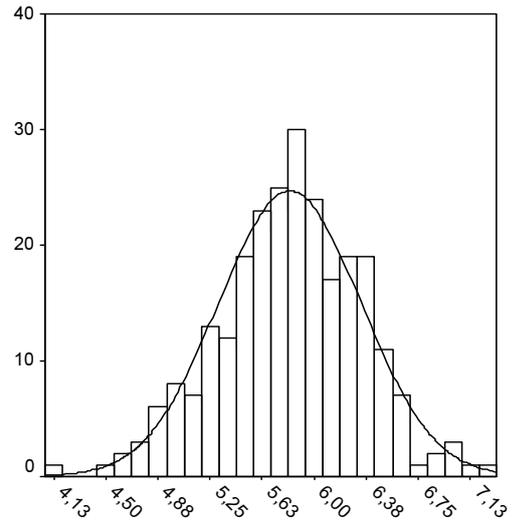


Abb.15: Verteilung von $\ln(I_A)$

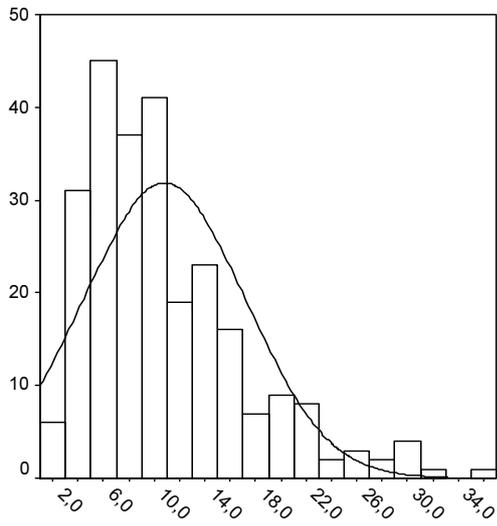


Abb.16: Verteilung von I_A/G_A

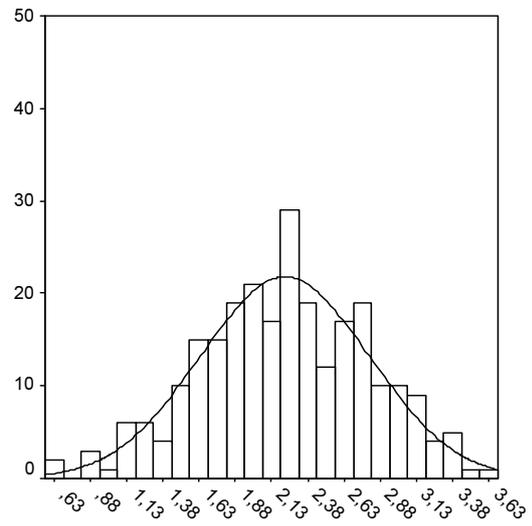


Abb.17: Verteilung von $\ln(I_A/G_A)$

4.2 Einfluss des Alters

Zur Beurteilung des Alterseinflusses wurden die einzelnen Messwerte in ein Streudiagramm eingetragen und durch die Punktwolke eine Regressionsgerade gezogen.

Außerdem sind alle Tiere laut Tabelle 1 in 3 Altersgruppen unterteilt worden. Der Gruppenvergleich wurde mittels Boxplots dargestellt.

Basale Glukosekonzentration (Abb. 18, 19)

Zwischen der basalen Glukosekonzentration und dem Alter konnte eine signifikante Korrelation festgestellt werden. Die Werte nehmen mit dem Alter kontinuierlich ab.

Auch ein Vergleich der drei Altersgruppen zeigt das deutlich. Der Mittelwert der ersten Altersgruppe ist signifikant höher als der der zweiten. Diese Tendenz setzt sich mit zunehmendem Alter fort, sodass der Mittelwert der Altersgruppe 3 unter denen der ersten und der zweiten Gruppe liegt. Allerdings konnte der Unterschied zwischen den Altersgruppen 2 und 3 nicht statistisch gesichert werden.

Maximale Glukosekonzentration (Abb. 20, 21)

Die Einzelwerte der maximalen Glukosekonzentration lassen keine Altersabhängigkeit erkennen.

Auch zwischen den Mittelwerten der drei Altersgruppen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Glukoseflächenäquivalent (Abb. 22, 23)

Ähnlich wie bei der maximalen Glukosekonzentration konnte im untersuchten Altersabschnitt (9 bis 20 Monate) auch zwischen dem Glukoseflächenäquivalent und dem Alter keine signifikante Beziehung ermittelt werden.

Glukosehalbwertszeit (Abb. 24, 25)

Die Glukosehalbwertszeit korreliert analog zur basalen Glukosekonzentration negativ mit dem Alter, allerdings ist die Streuung der Einzelwerte von G_{HWZ} breiter.

Im Gruppenvergleich ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei G_0 . Der Mittelwert der 1. Altersgruppe ist signifikant höher als der der 2. Gruppe. Zwischen den Gruppen 2 und 3 besteht kein statistisch nachweisbarer Unterschied.

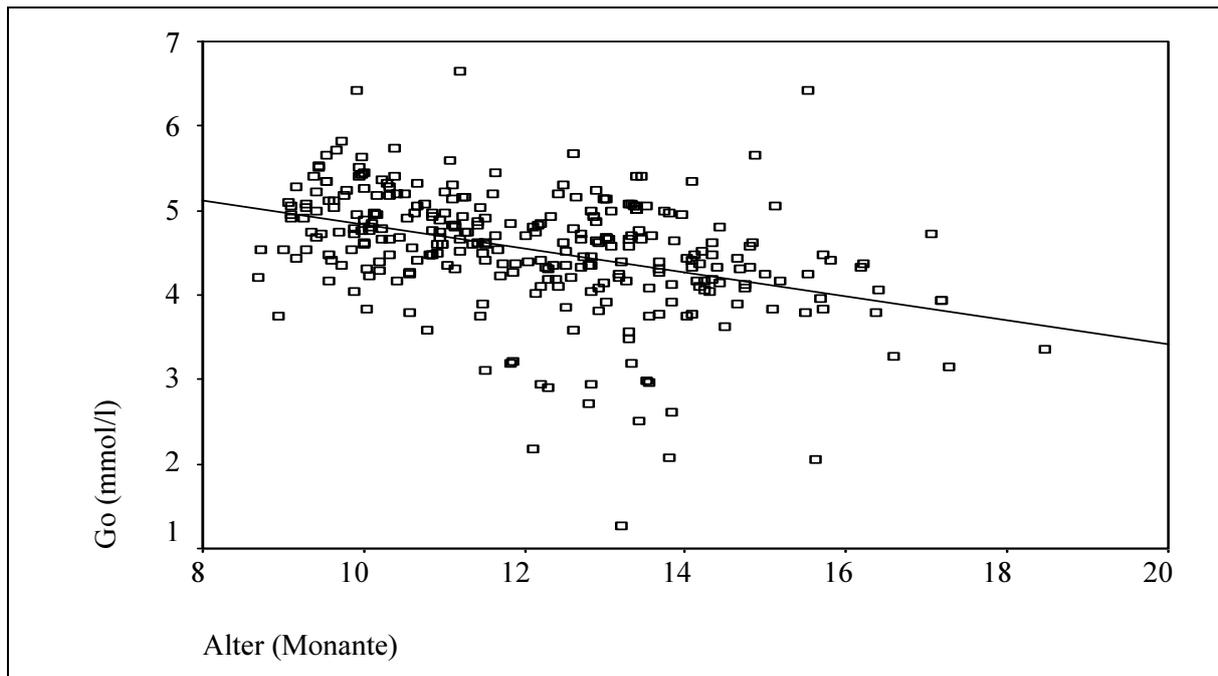
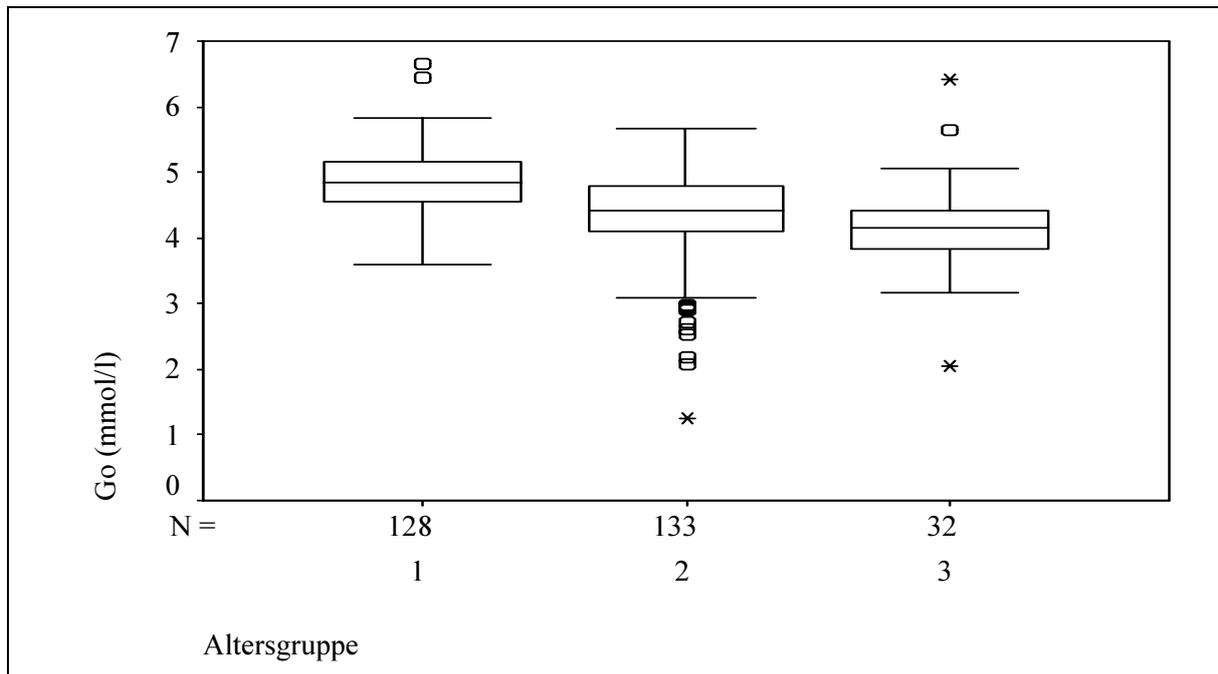


Abb.18: Beziehung zwischen G_0 und dem Alter
 $n = 293, r = -0,396, p < 0,001$



Altersgruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	4,86	0,50	4,54	4,84	5,18			
2	4,33	0,73	4,10	4,41	4,79	p<0,001		
3	4,16	0,74	3,84	4,14	4,43	p<0,001	n.s.	

Abb.19: Vergleich der G_0 in den Altersgruppen

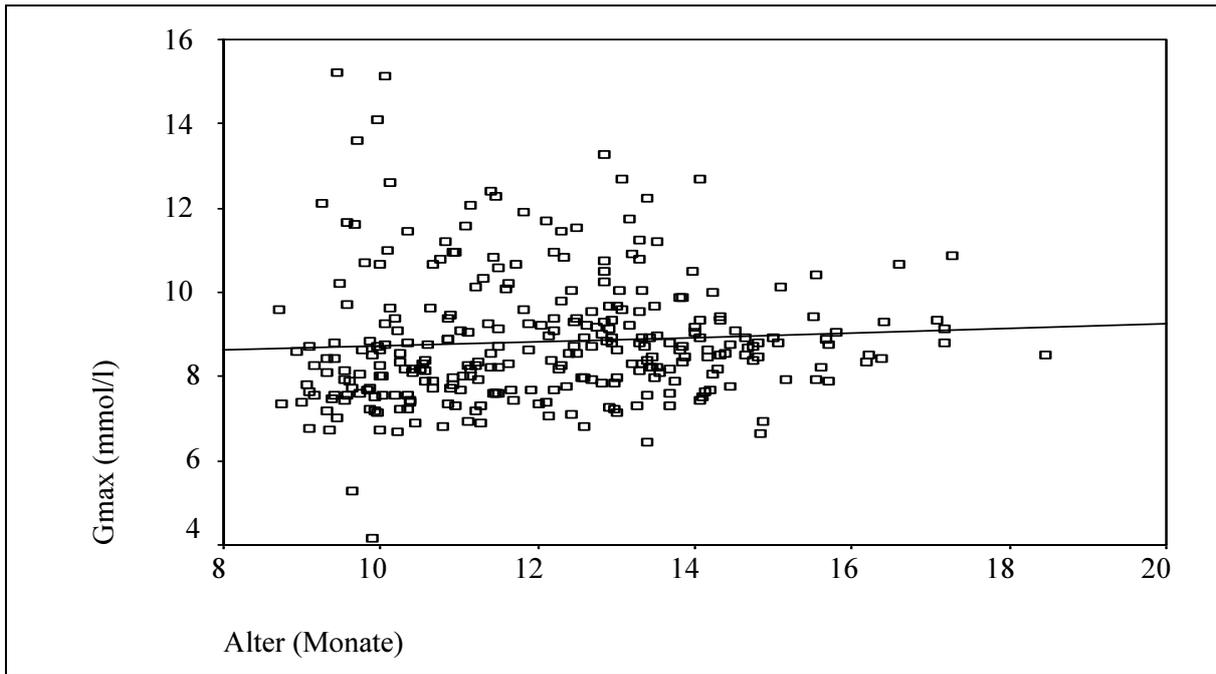
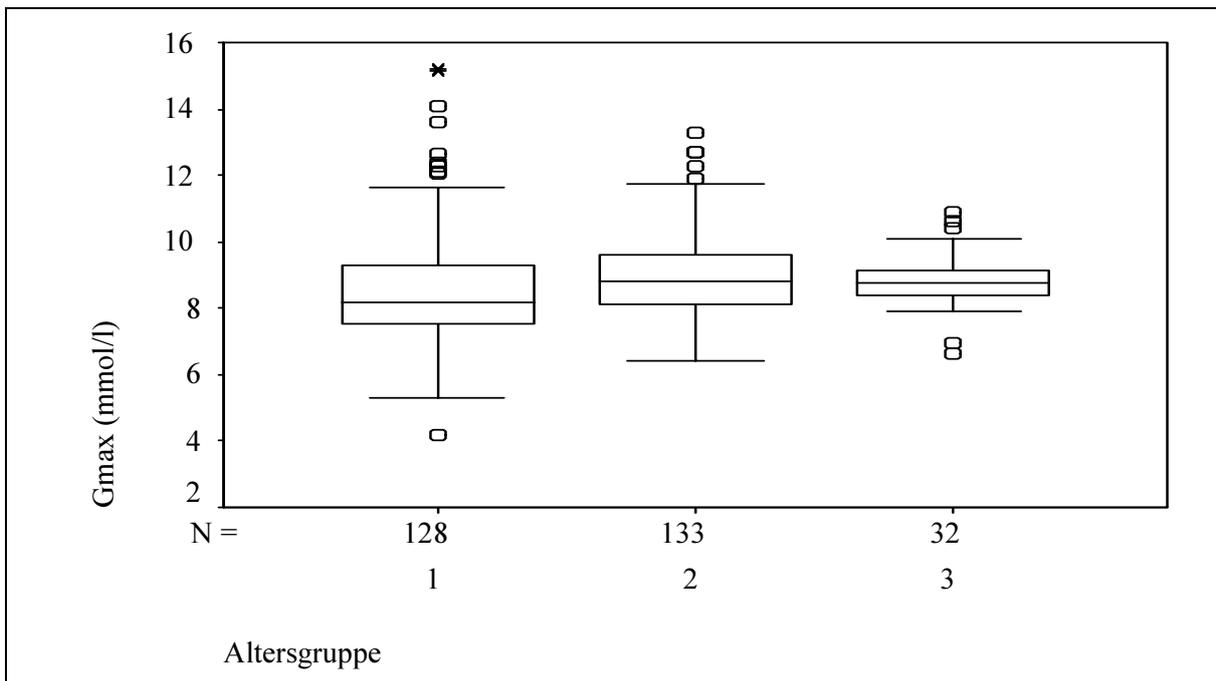


Abb.20: Beziehung zwischen G_{MAX} und dem Alter
 $n = 293, r = 0,066, p = 0,260$



Alters- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	8,71	1,81	7,56	8,19	9,32			
2	8,99	1,32	8,10	8,79	9,60	n.s.		
3	8,79	0,90	8,40	8,78	9,13	n.s.	n.s.	

Abb.21: Vergleich der G_{MAX} in den Altersgruppen

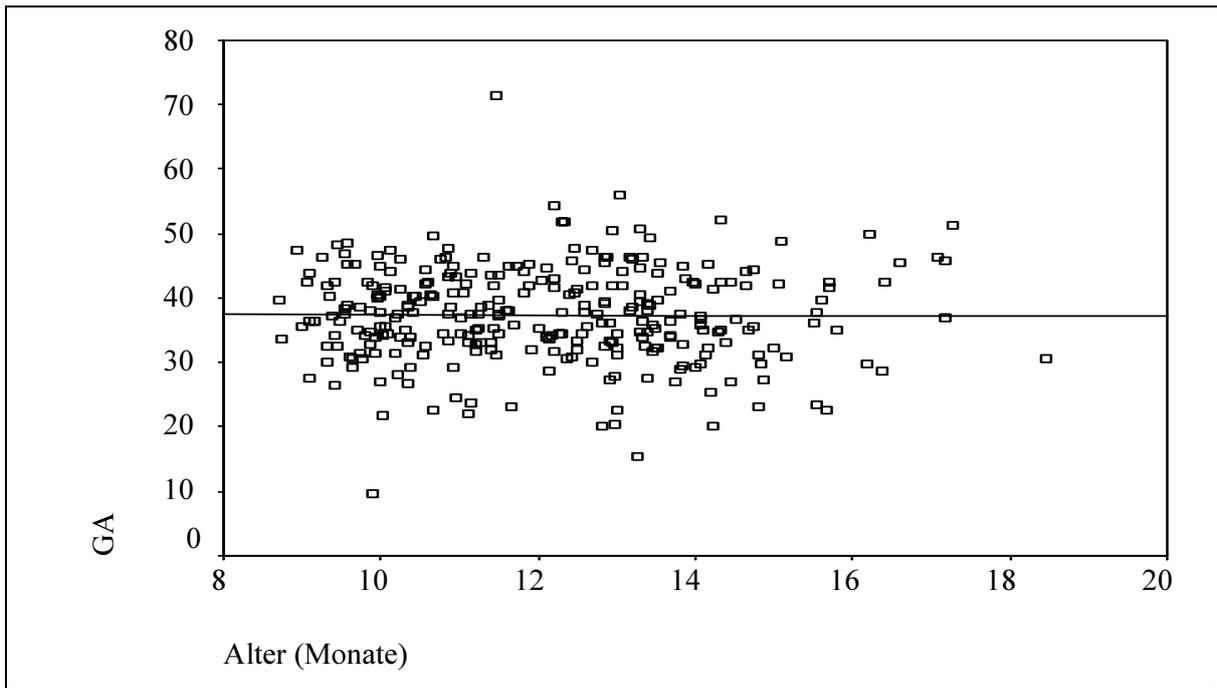
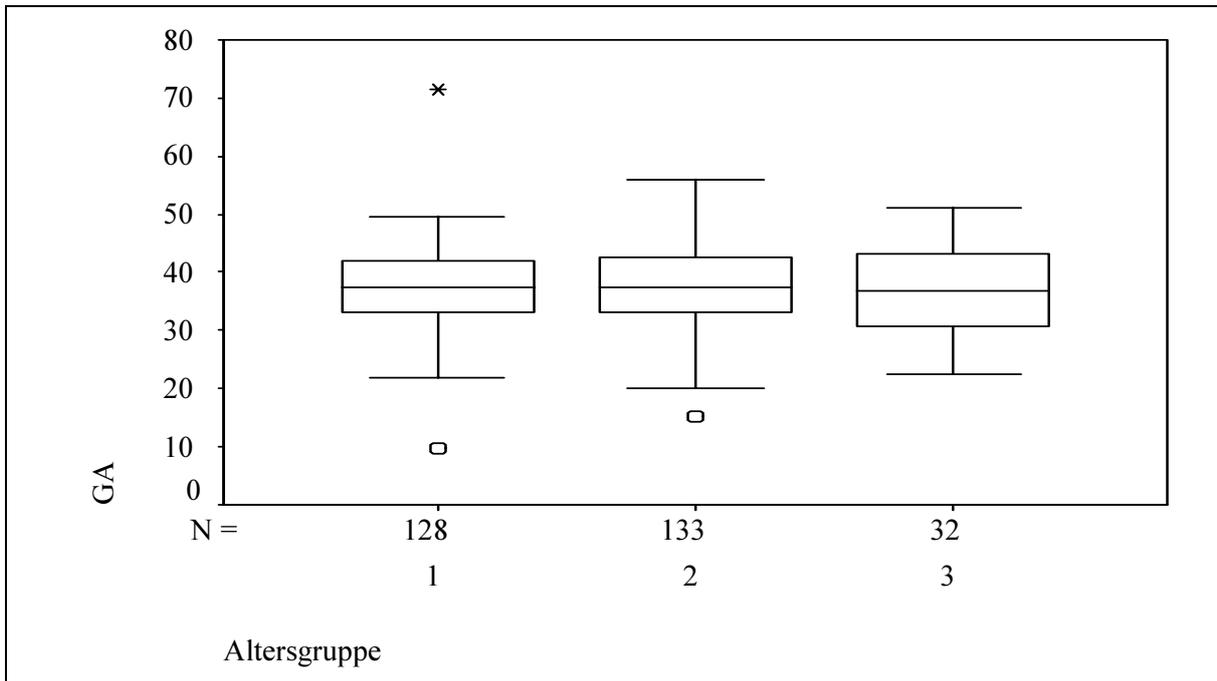


Abb.22: Beziehung zwischen G_A und dem Alter
 $n = 293, r = -0,009, p = 0,882$



Alters- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	37,38	7,27	33,11	37,52	42,06			
2	37,55	7,35	33,07	37,38	42,44	n.s.		
3	37,18	8,00	30,74	36,83	43,28	n.s.	n.s.	

Abb.23: Vergleich der G_A in den Altersgruppen

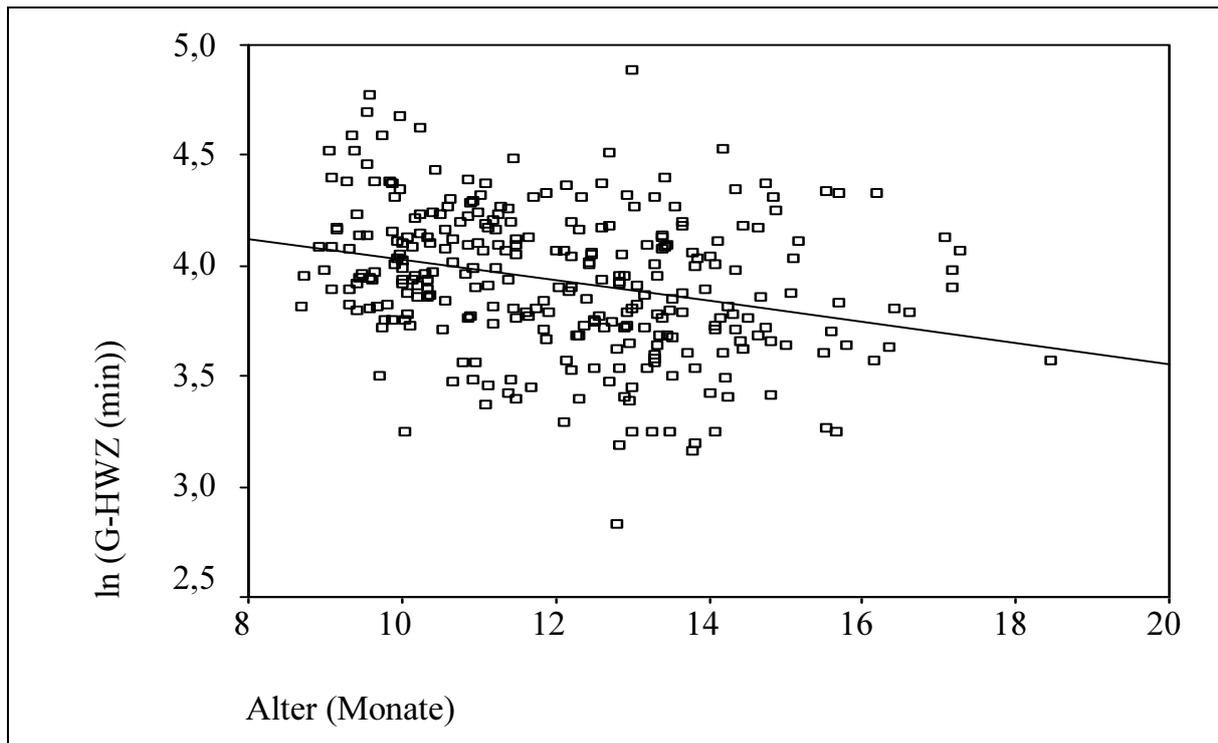
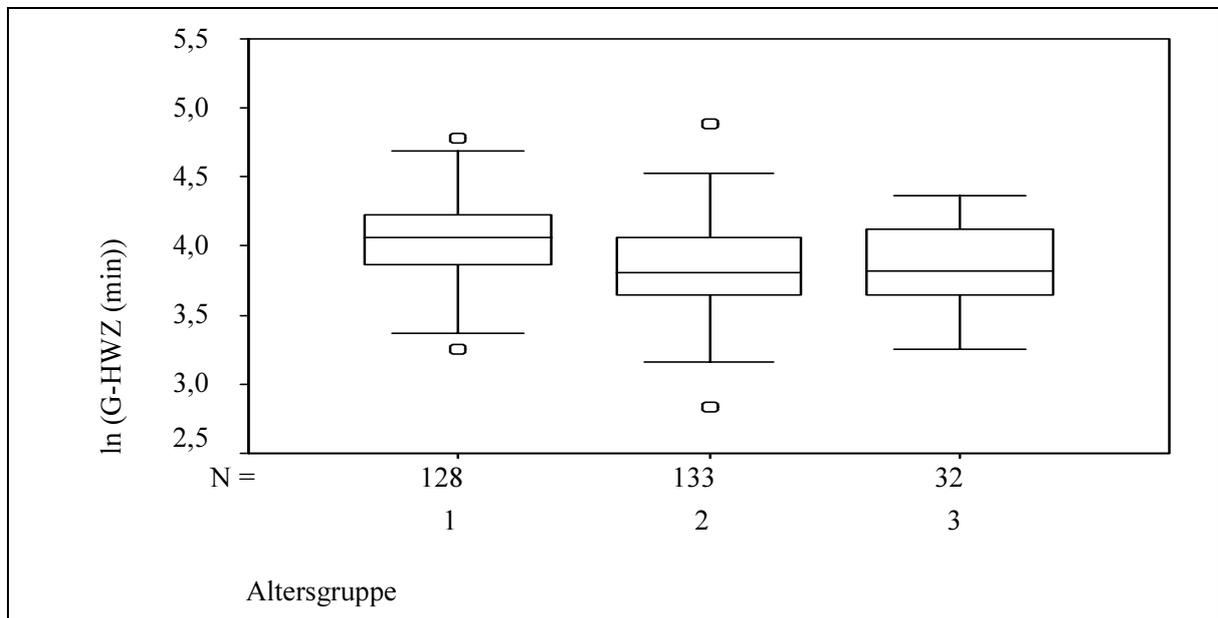


Abb.24: Beziehung zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) und dem Alter
 $n = 293, r = -0,285, p < 0,001$



Alters- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	4,05	0,29	3,87	4,06	4,23			
2	3,84	0,33	3,64	3,80	4,06	$p < 0,001$		
3	3,86	0,31	3,64	3,82	4,12	$p < 0,05$	n.s.	

Abb.25: Vergleich der G_{HWZ} (logarithmiert) in den Altersgruppen

Basale Insulinkonzentration (Abb. 26, 27)

Die Einzelwerte der basalen Insulinkonzentration zeigen im Streudiagramm eine breite Streuung und lassen keine Altersabhängigkeit erkennen. Erwartungsgemäß lässt sich keine signifikante Korrelation zum Alter errechnen.

Auch beim Vergleich zwischen den 3 Altersgruppen kann keine Altersabhängigkeit festgestellt werden. Zwar liegt der Mittelwert der Gruppe 3 über denen der ersten beiden Altersgruppen, allerdings lässt sich diese Differenz statistisch nicht bestätigen.

Maximale Insulinkonzentration, Insulinflächenäquivalent, Quotient aus den Flächenäquivalenten (Abb. 28 bis 33)

Auffällig ist ein fast identisches Verhalten der Parameter der Insulinantwort in Bezug zum Alter der Tiere. Die Messwerte für die maximale Insulinkonzentration, das Insulinflächenäquivalent und den Quotienten aus den Flächenäquivalenten weisen eine breite Streuung auf. Dennoch ist eine signifikante positive Korrelation zum Alter festzustellen.

Die Mittelwerte der zweiten Altersgruppe sind bei allen diesen Parametern signifikant höher, als die der Gruppe 1. In der letzten Gruppe nehmen die Durchschnittswerte von I_{MAX} und I_A wieder etwas ab. Es besteht aber bei allen drei Parametern weder zwischen den beiden letzten Altersgruppen noch zwischen den Gruppen 1 und 3 ein signifikanter Unterschied.

Lebendmasse (Abb. 34, 35)

Im Streudiagramm ist die enge Beziehung zwischen dem Gewicht der Tiere und deren Alter erkennbar. Zwischen den beiden Faktoren konnte eine signifikante positive Korrelation nachgewiesen werden.

Auch beim Vergleich der Altersgruppen wird das sehr deutlich sichtbar. Zwischen den Mittelwerten aller drei Gruppen besteht ein signifikanter Unterschied.

Rückenfettdicke (Abb. 36, 37)

Trotz einer breiten Streuung der einzelnen Messwerte für Rückenfettdicke, ist eine negative Beziehung zum Alter erkennbar. Diese konnte auch statistisch nachgewiesen werden.

Auch im Gruppenvergleich fällt die Abnahme der Rückenfettdicke mit dem Alter auf. Alle Gruppen unterscheiden sich in ihren Mittelwerten für die Rückenfettdicke signifikant.

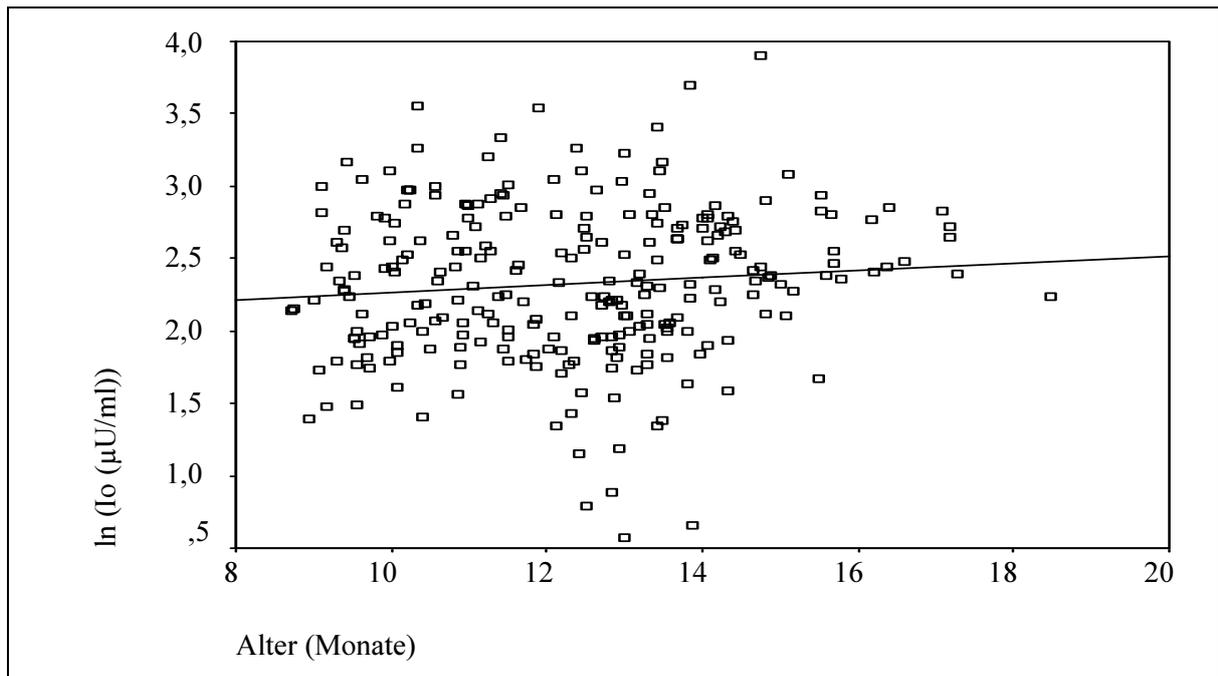
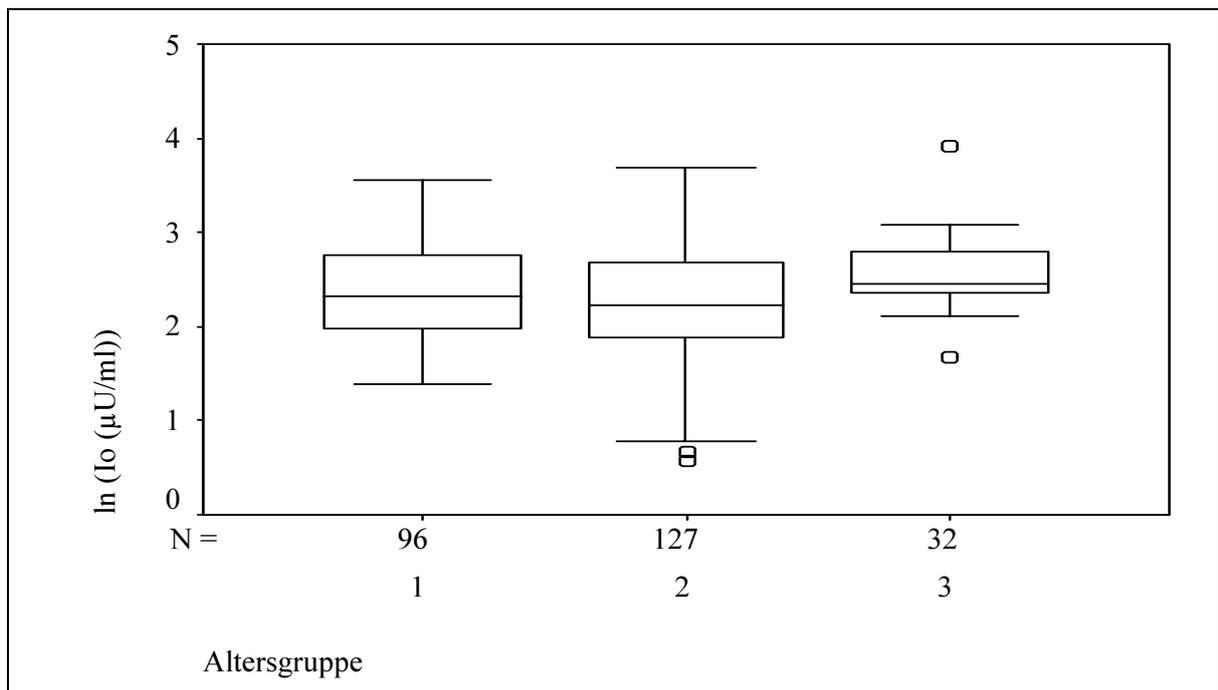


Abb.26: Beziehung zwischen I_0 (logarithmiert) und dem Alter
 $n = 255, r = 0,097, p = 0,124$



Altersgruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	2,36	0,48	1,98	2,33	2,76			
2	2,25	0,57	1,89	2,22	2,69	n.s.		
3	2,54	0,38	2,35	2,44	2,79	n.s.	n.s.	

Abb.27: Vergleich der I_0 (logarithmiert) in den Altersgruppen

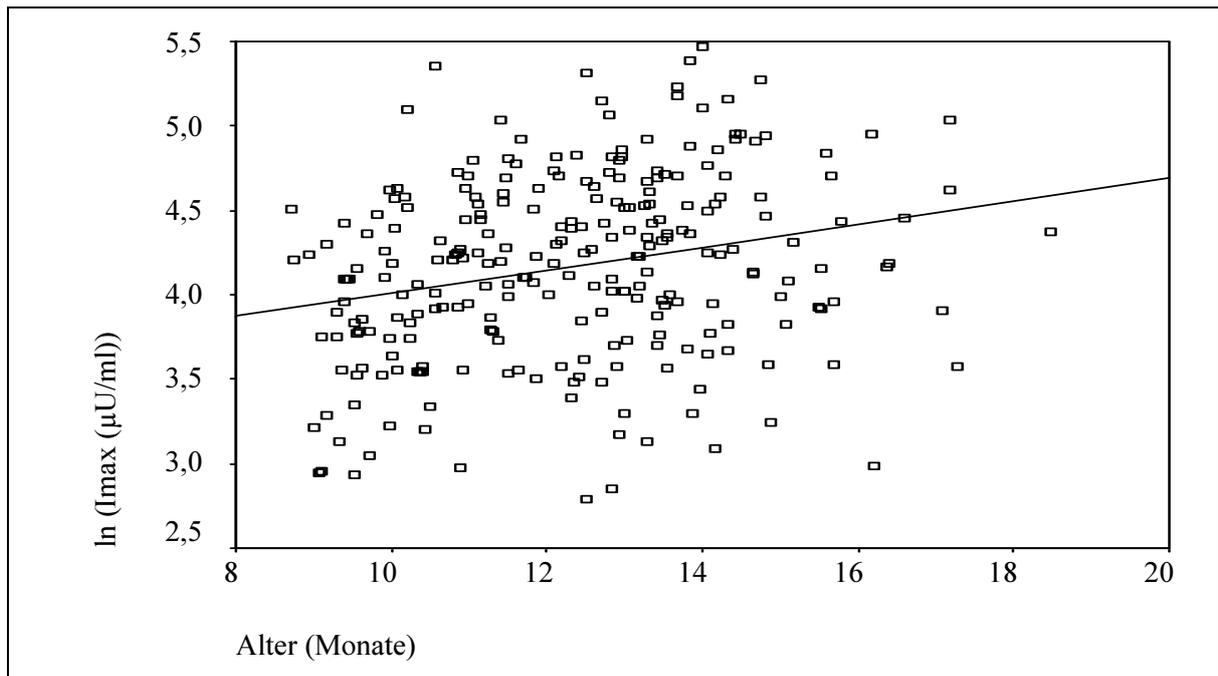
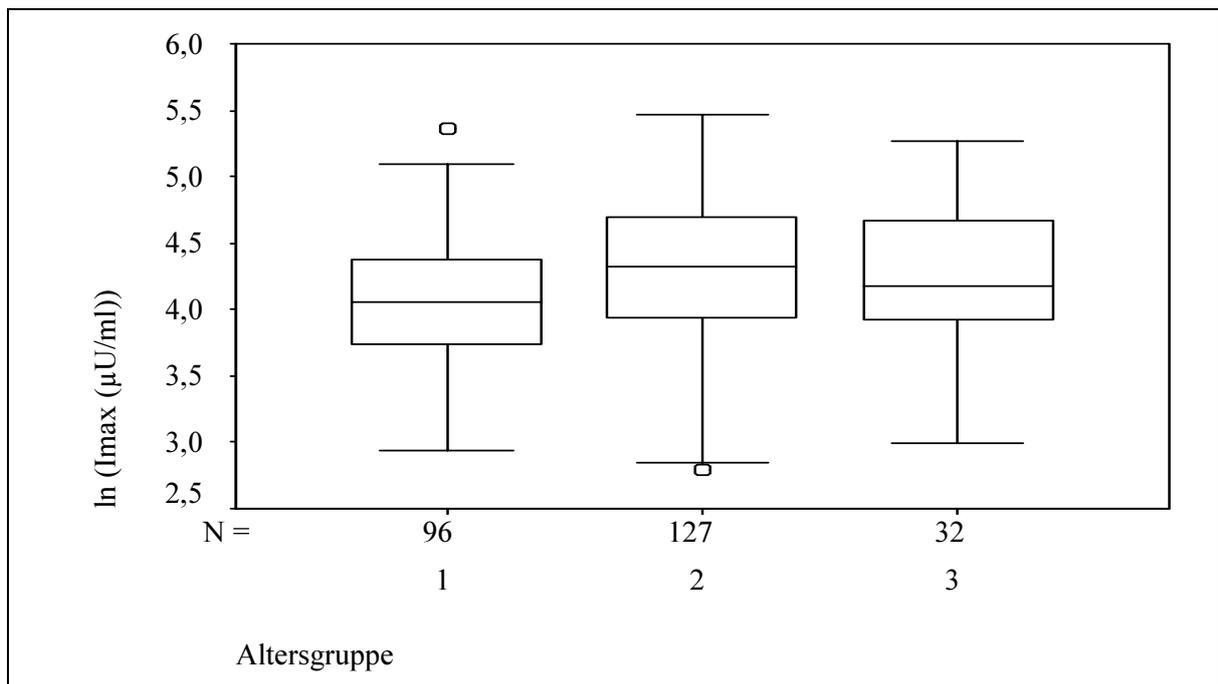


Abb.28: Beziehung zwischen I_{MAX} (logarithmiert) und dem Alter
 $n = 255, r = 0,245, p < 0,001$



Altersgruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	4,02	0,51	3,74	4,06	4,37			
2	4,27	0,55	3,94	4,32	4,70	p<0,001		
3	4,26	0,54	3,92	4,18	4,66	n.s.	n.s.	

Abb.29: Vergleich der I_{MAX} (logarithmiert) in den Altersgruppen

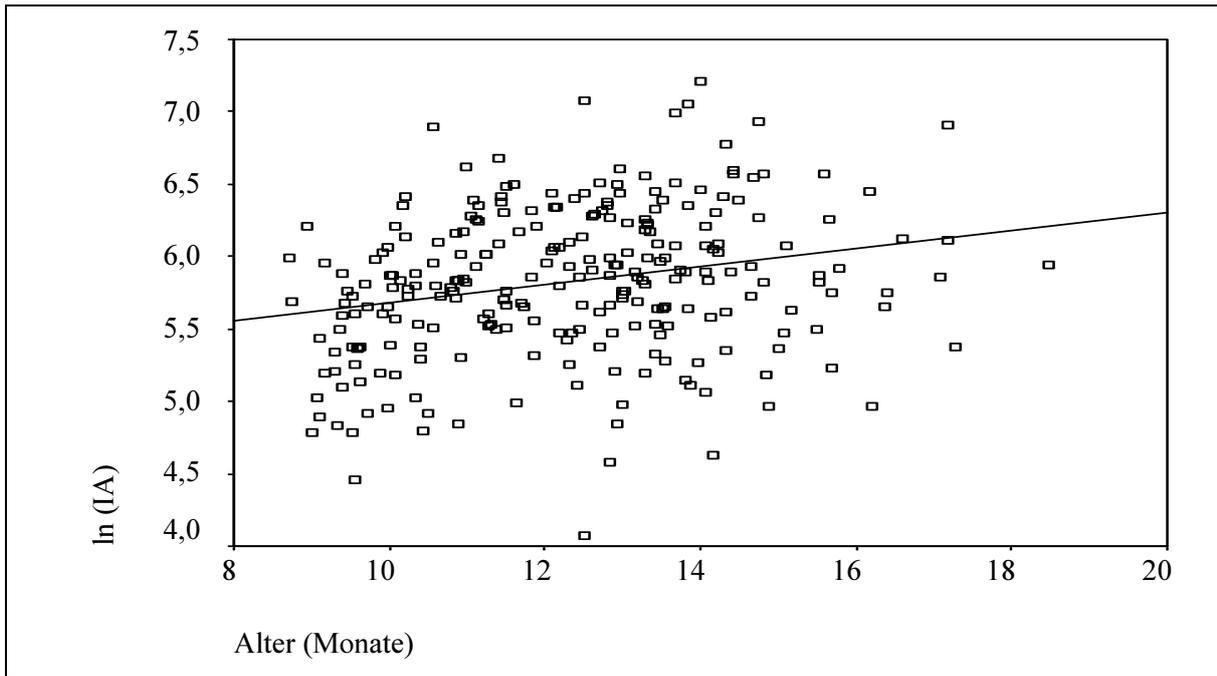
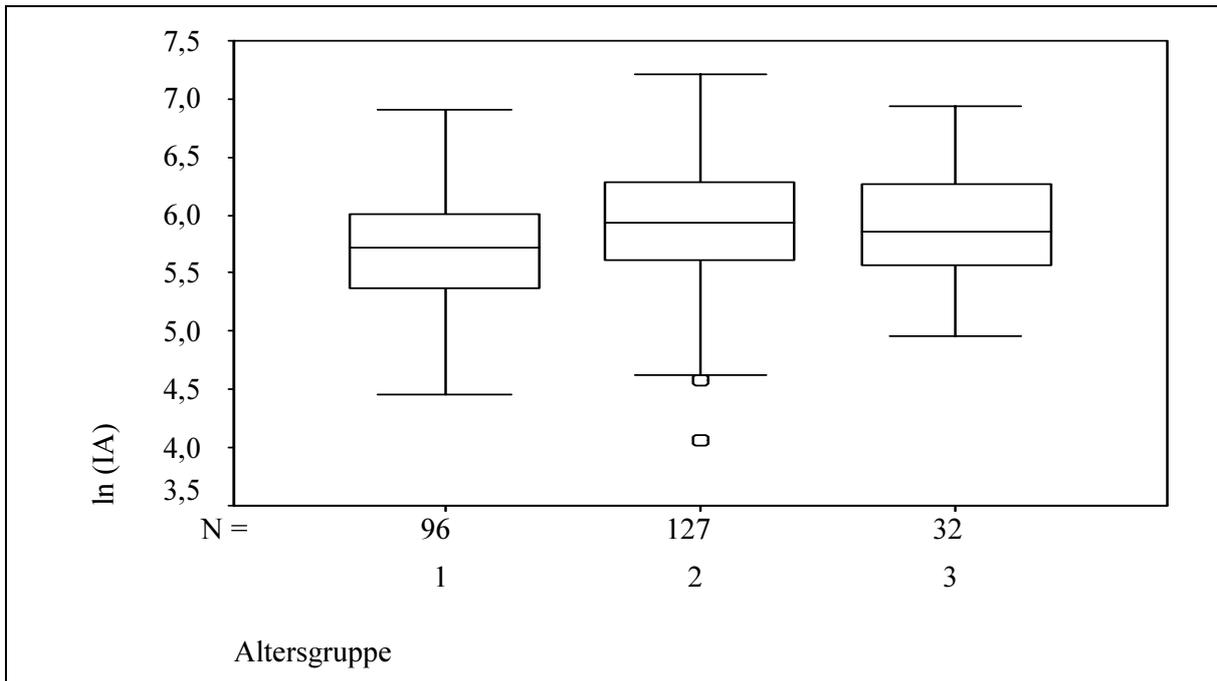


Abb.30: Beziehung zwischen I_A (logarithmiert) und dem Alter
 $n = 255, r = 0,242, p < 0,001$



Altersgruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	5,69	0,48	5,38	5,72	6,01			
2	5,91	0,52	5,62	5,94	6,29	p<0,001		
3	5,90	0,51	5,56	5,86	6,26	n.s.	n.s.	

Abb.31: Vergleich der I_A (logarithmiert) in den Altersgruppen

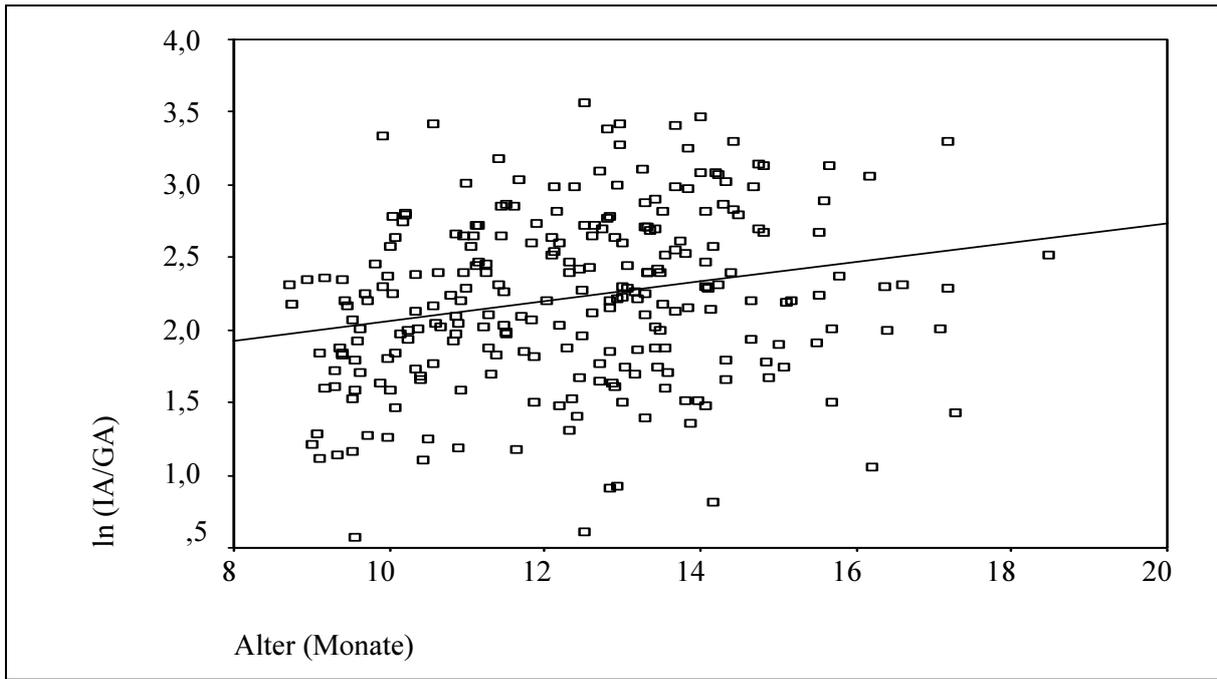
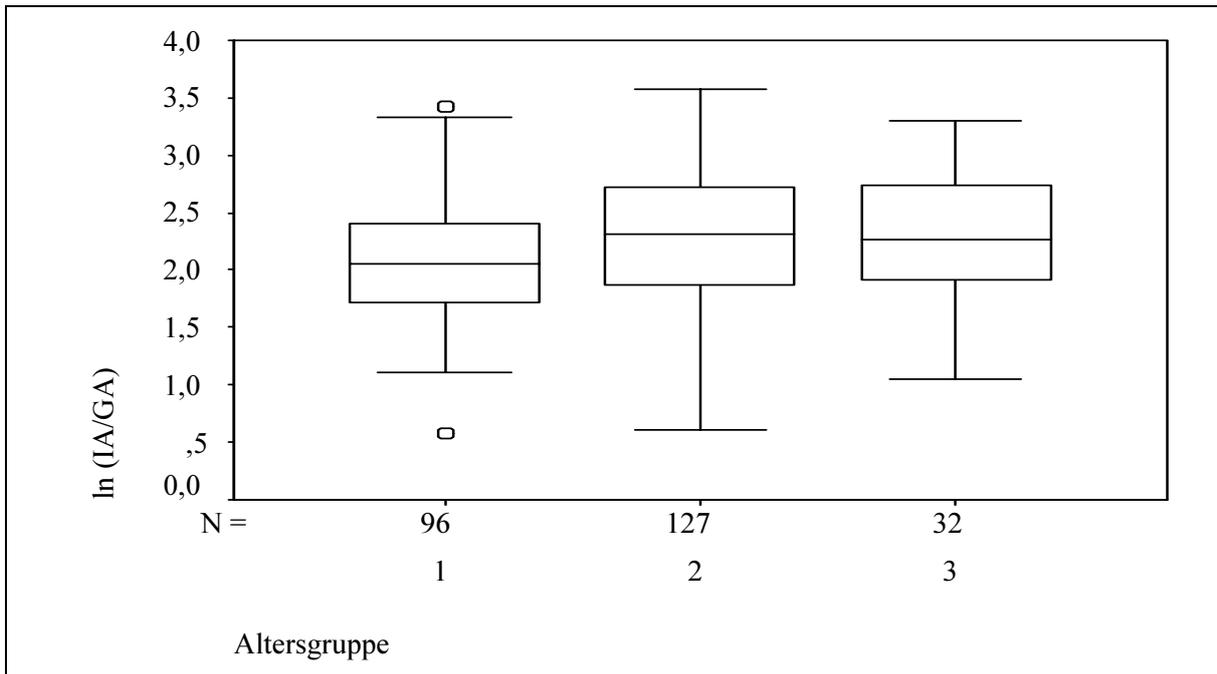


Abb.32: Beziehung zwischen I_A/G_A (logarithmiert) und dem Alter
 $n = 255, r = 0,228, p < 0,001$



Alters- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	2,07	0,53	1,72	2,06	2,40			
2	2,30	0,61	1,87	2,31	2,73	p<0,001		
3	2,31	0,56	1,92	2,26	2,74	n.s.	n.s.	

Abb.33: Vergleich der I_A/G_A (logarithmiert) in den Altersgruppen

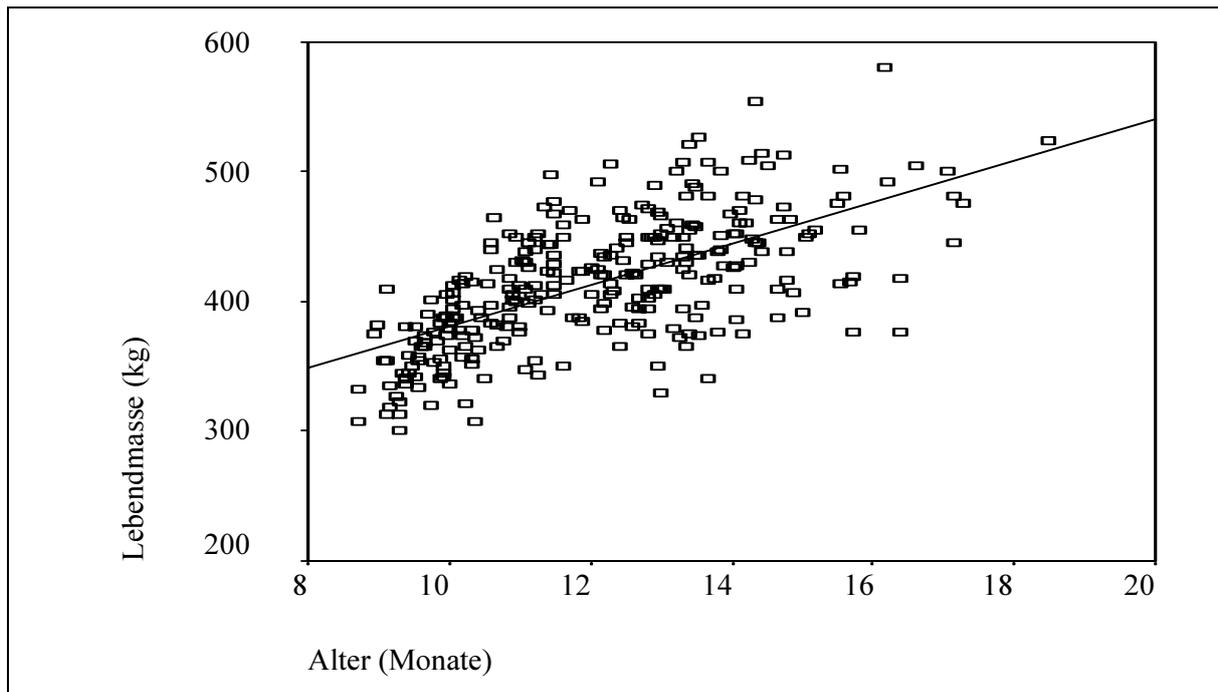
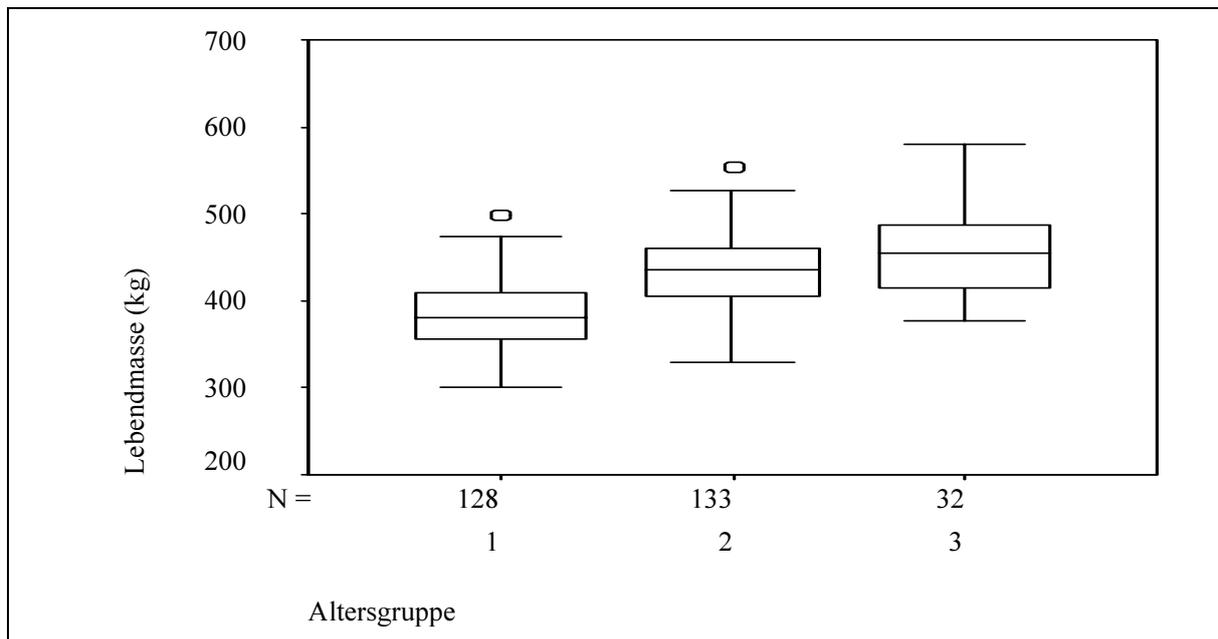


Abb.34: Beziehung zwischen der Lebendmasse und dem Alter
 $n = 293, r = 0,638, p < 0,001$



Altersgruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	382,3	38,7	355,0	381,0	410,0			
2	429,1	36,8	405,0	435,0	460,0	p<0,001		
3	471,3	41,1	415,5	455,0	487,0	p<0,001	p<0,05	

Abb.35: Vergleich der Lebendmasse der Bullen in den Altersgruppen

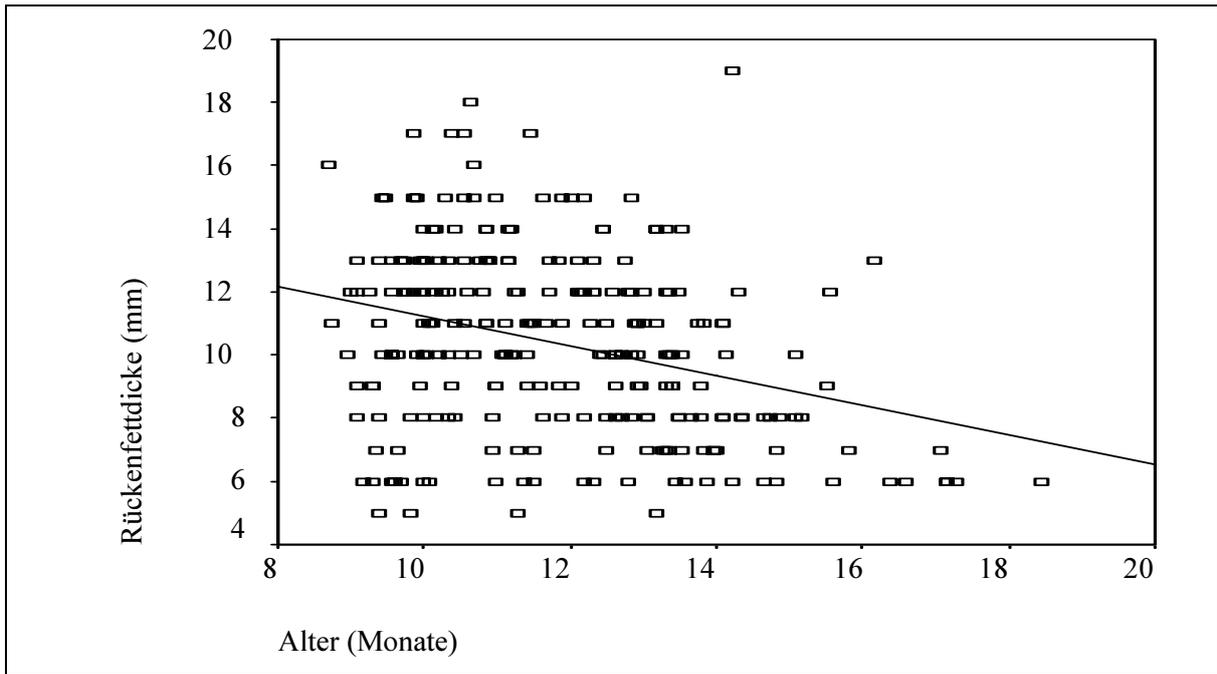
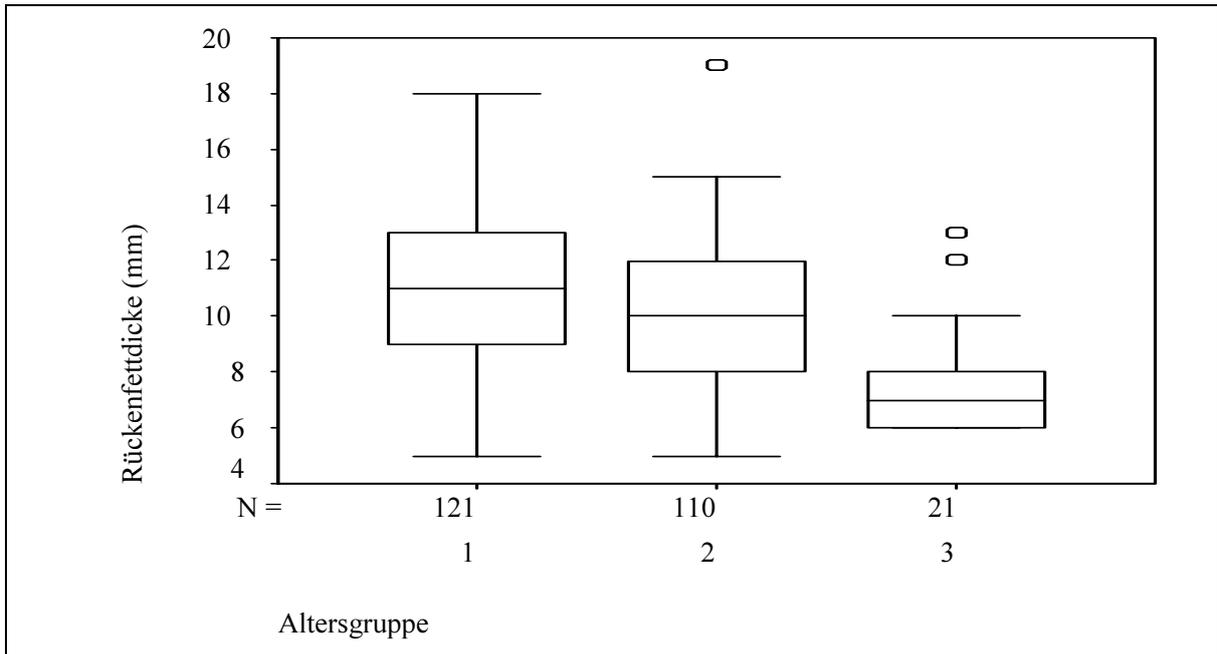


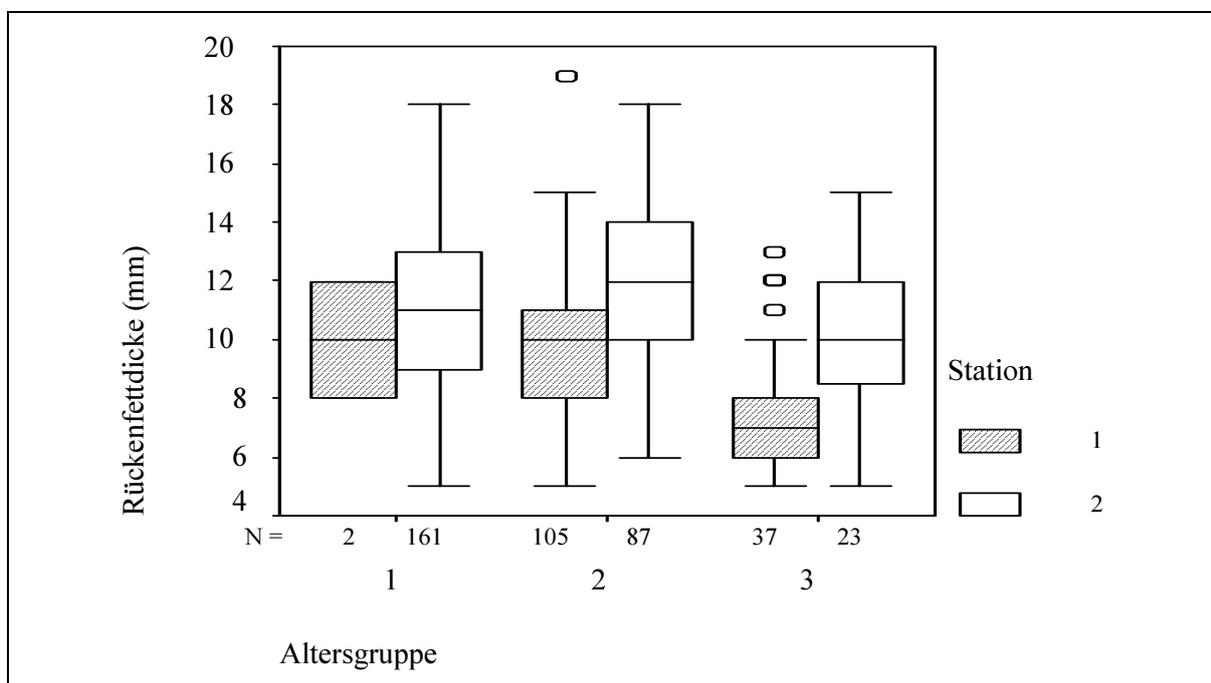
Abb.36: Beziehung zwischen der Rückenfettdicke und dem Alter
 $n = 293, r = -0,312, p < 0,001$



Alters- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Altersgruppe		
						1	2	3
1	11,08	2,95	9,00	11,00	13,00			
2	10,11	2,62	8,00	10,00	12,00	p<0,05		
3	7,57	2,01	6,00	7,00	8,00	p<0,001	p<0,001	

Abb.37: Vergleich der Rückenfettdicke der Bullen in den Altersgruppen

Abbildung 38 zeigt die Rückenfettdicken in den einzelnen Altersgruppen, aufgeteilt nach der Station. Es wurden alle Messungen mit Ausnahme der kurzfristigen Wiederholungen berücksichtigt, damit ausreichend Fälle pro Gruppe zur Verfügung stehen. Die Altersgruppe 1 besteht auf der Station 1 aus nur 2 Tieren und kann somit bei der Auswertung vernachlässigt werden. Beim Vergleich der ersten beiden Altersgruppen auf der Station 2 ist eine Tendenz zur Zunahme der Rückenfettdicke mit dem Alter erkennbar. Statistisch konnte dieser Unterschied aber nicht gesichert werden. In der Altersgruppe 3 ist eine deutliche Abnahme der Rückenfettdicke auf beiden Stationen festzustellen. Die Differenz zwischen den Gruppen 2 und 3 ist auf der Station 1 signifikant.



Alters- gruppe	Station 1					Altersgruppe		
	\bar{x}	<i>s</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	1	2	3
1	10,0	2,8	8	10	12			
2	9,9	2,5	8	10	11	n.s.		
3	7,7	2,0	6	7	8	n.s.	<0,001	
	Station 2							
1	10,9	3,0	9	11	13			
2	11,8	3,0	10	12	15	n.s.		
3	10,1	2,5	8	11	12	n.s.	n.s.	

Abb. 38: Vergleich zwischen der Rückenfettdicke der Bullen auf den Stationen 1 und 2 in den einzelnen Altersgruppen

Tabelle 6 zeigt im Überblick die Mittelwerte aller Parameter des ivGTT in den drei Altersgruppen. Bei den Parametern G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A handelt es sich um die rücktransformierten Werte, was eine Beurteilung erleichtert. Zusätzlich wird in der rechten Spalte angegeben, ob eine signifikante Beziehung zum Alter besteht.

Tabelle 6: Mittelwerte der Parameter des ivGTT in den Altersgruppen

Parameter	Altersgruppe <i>1</i>	Altersgruppe <i>2</i>	Altersgruppe <i>3</i>	Alters- Abhängigkeit
G_0 (mmol/l)	4,86	4,33	4,16	Negativ
G_{MAX} (mmol/l)	8,71	8,99	8,79	n.s.
G_A	37,38	37,55	37,18	n.s.
G_{HWZ} (min)	57,40	46,53	47,47	Negativ
I_0 (μ U/ml)	10,59	9,49	12,68	Positiv
I_{MAX} (μ U/ml)	55,70	71,52	70,81	Positiv
I_A	295,89	368,71	365,04	Positiv
I_A/G_A	7,92	9,97	10,07	Positiv

4.3 Einfluss der Lebendmasse

Da die Lebendmasse sehr eng mit dem Alter der Tiere korreliert ($r = 0,638$, $p < 0,001$) wurden zur Beurteilung des Gewichtseinflusses nur die Bullen im Alter von 14 Monaten in die Auswertung einbezogen. In diesem Alter wurden verhältnismäßig viele Untersuchungen durchgeführt. Außerdem ist bei den 14 Monate alten Tieren die Verteilung der Tests auf beide Stationen gleichmäßig (Tab. 7), womit sich auch der Stationseinfluss minimieren lässt.

Tabelle 7: Verteilung der Untersuchungen auf die Stationen in den Lebensmonaten

Alter (Mon.)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	alle
N (St.1)	0	1	1	23	51	35	19	20	7	1	158
N (St. 2)	36	70	58	33	34	31	16	4	3	0	285
N (Gesamt)	36	71	59	56	85	66	35	24	10	1	443
%	8,1	16,0	13,3	12,6	19,2	14,9	7,9	5,4	2,3	0,2	100

Neben der Betrachtung der Einzelwerte mittels eines Streudiagramms wurden alle 14 Monate alte Bullen in 3 gleichgroße Gewichtsgruppen eingeteilt und die Gruppenvergleiche mit Hilfe von Boxplots dargestellt.

In die Gruppe 1 wurden Tiere mit einer Körpermasse unter 438 kg aufgenommen ($\bar{x} = 408$ kg), die Gruppe 2 enthält 438 bis 482 kg schwere Tiere ($\bar{x} = 459$ kg), alle Bullen über 482kg sind in der Gewichtsgruppe 3 zusammengefasst ($\bar{x} = 521$ kg).

Basale Glukosekonzentration (Abb. 39, 40)

Als einziger Parameter des ivGTT zeigt die basale Glukosekonzentration eine schwachsignifikante positive Korrelation zur Lebendmasse der Tiere.

Im Gruppenvergleich ist eine leichte Steigerung von der Gruppe 1 zur Gruppe 2 erkennbar, statistisch ist aber zwischen keiner der Gruppen ein signifikanter Unterschied nachweisbar.

Maximale Glukosekonzentration, Glukoseflächenäquivalent, Glukosehalbwegszeit (Abb. 41 bis 46)

Zwischen diesen Glukoseparametern und der Lebendmasse der Bullen ist keine Beziehung erkennbar. Auch im Gruppenvergleich ist kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gewichtsgruppen festzustellen.

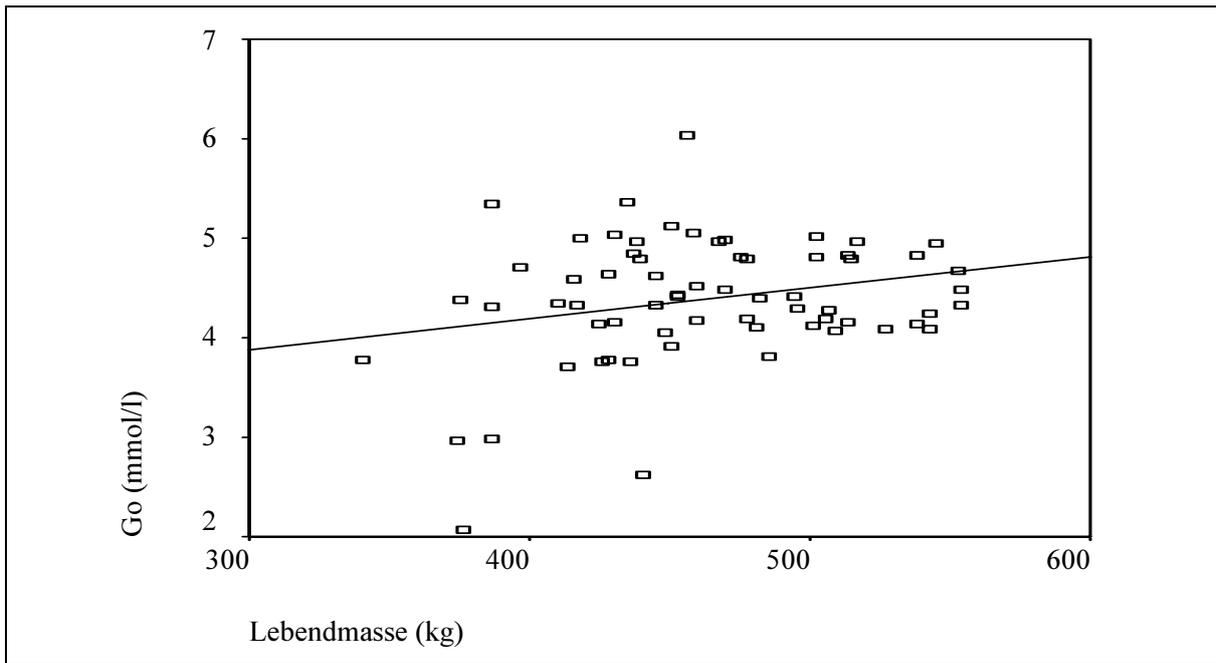
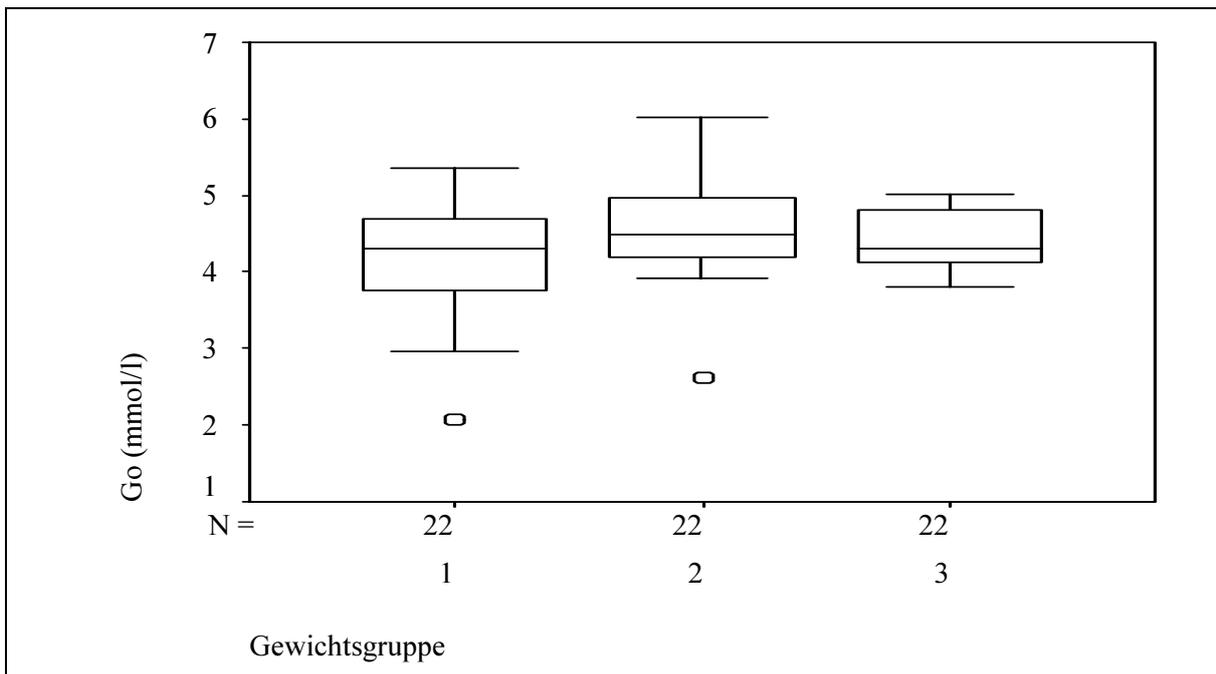


Abb.39: Beziehung zwischen G_0 und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,250, p < 0,05$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	4,18	0,81	3,76	4,32	4,70			
2	4,54	0,63	4,19	4,50	4,96	n.s.		
3	4,43	0,36	4,13	4,31	4,81	n.s.	n.s.	

Abb.40: Vergleich der G_0 in den Gewichtsgruppen

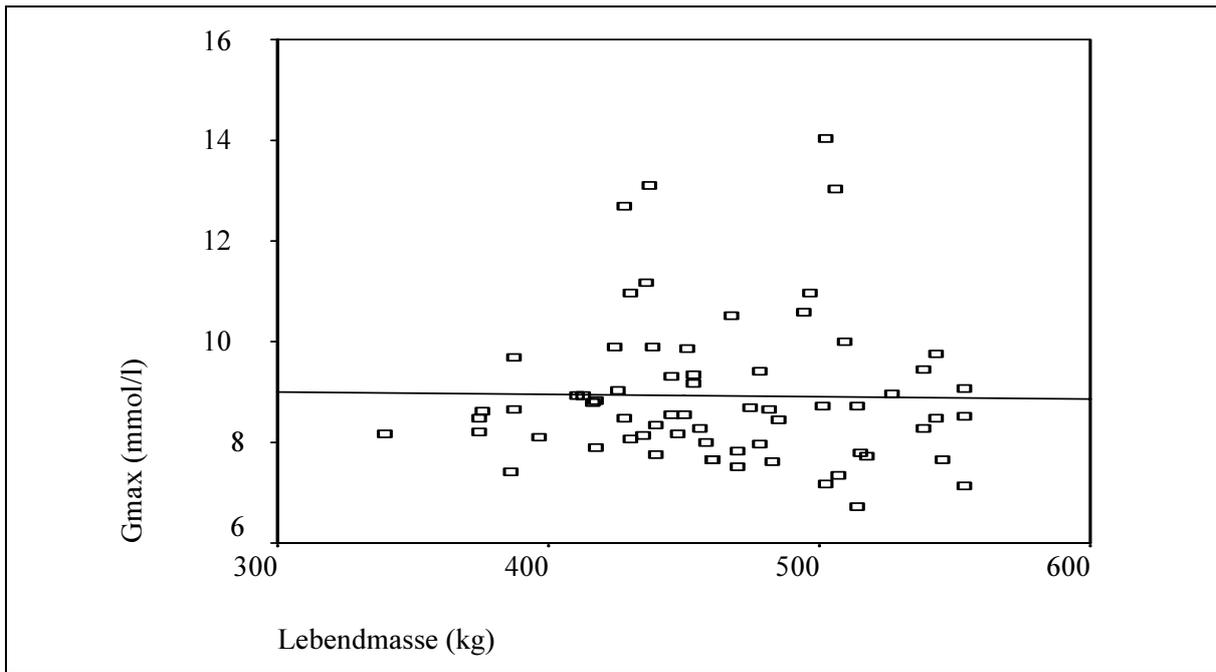
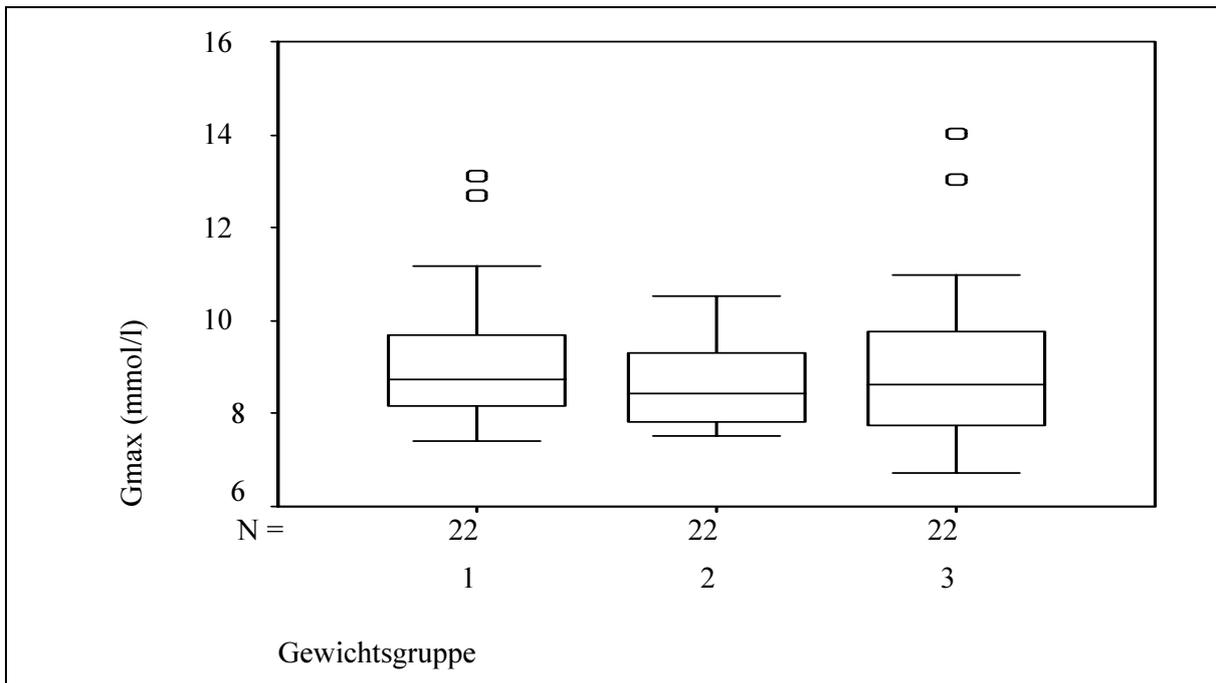


Abb.41: Beziehung zwischen G_{MAX} und der Lebendmasse
 $n = 66, r = -0,015, p = 0,905$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	9,19	0,51	8,17	8,73	9,68			
2	8,58	0,85	7,84	8,44	9,32	n.s.		
3	9,03	1,84	7,74	8,61	9,76	n.s.	n.s.	

Abb.42: Vergleich der G_{MAX} in den Gewichtsgruppen

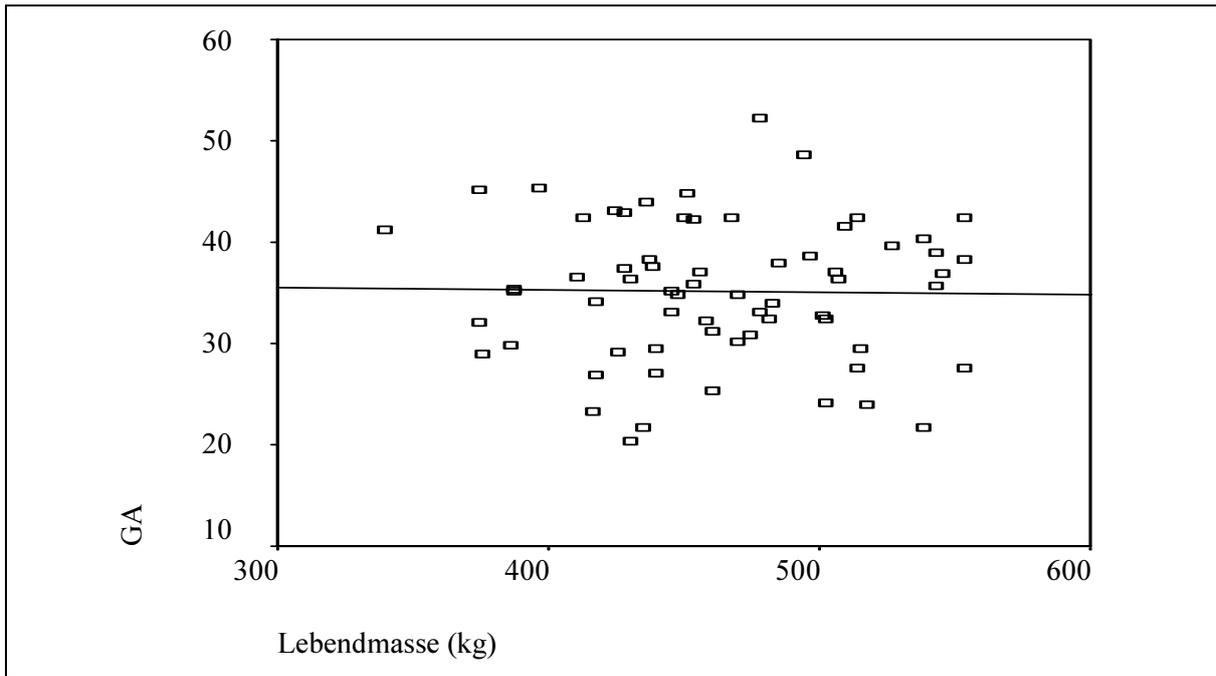
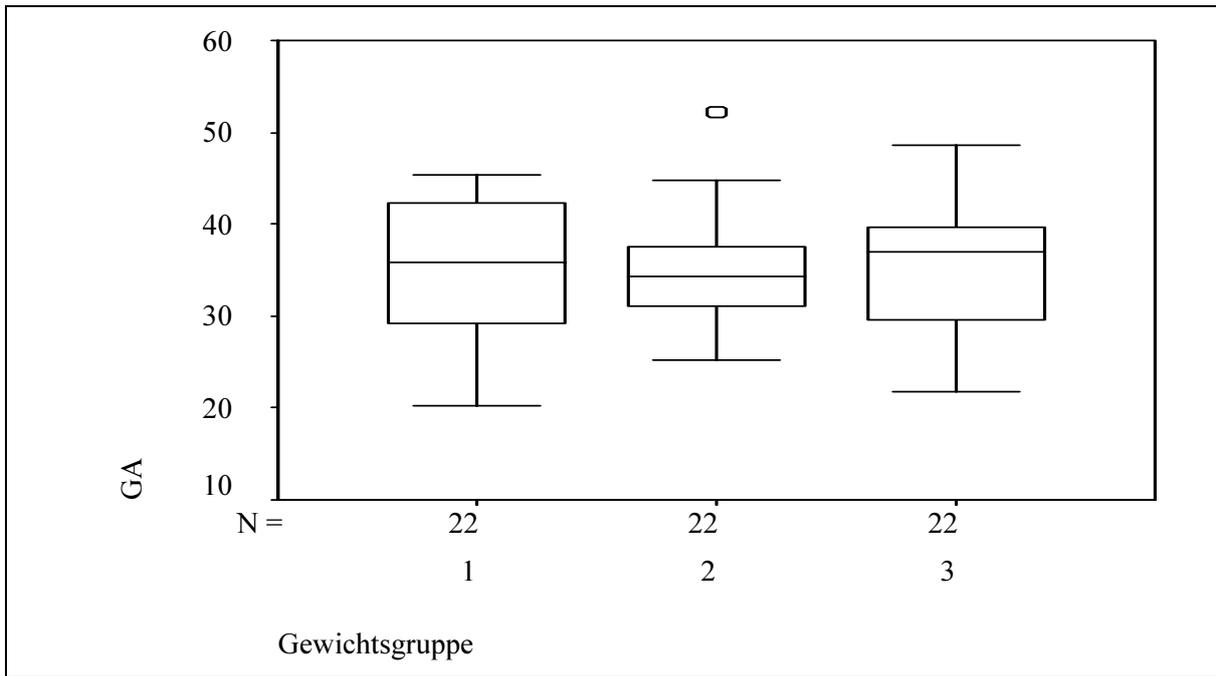


Abb.43: Beziehung zwischen G_A und der Lebendmasse
 $n = 66, r = -0,018, p = 0,886$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	34,97	7,67	29,21	35,83	42,37			
2	35,38	6,30	31,19	34,36	37,55	n.s.		
3	35,20	6,93	29,49	37,00	39,60	n.s.	n.s.	

Abb.44: Vergleich der G_A in den Gewichtsgruppen

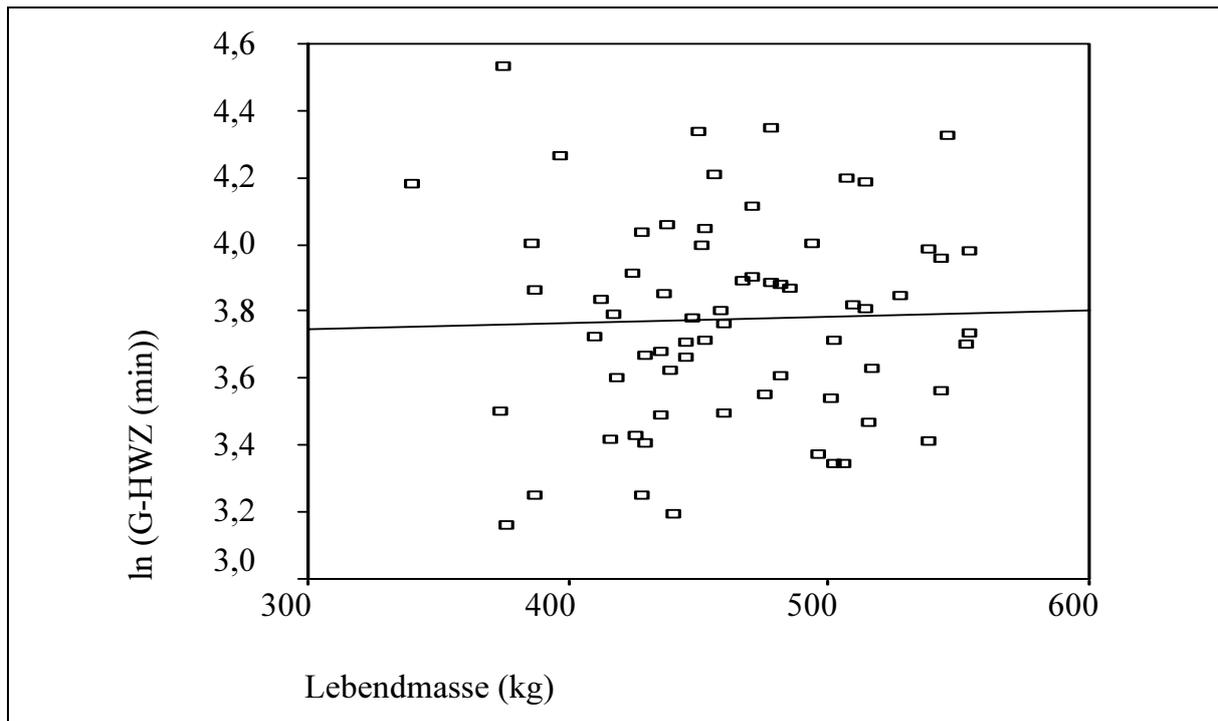
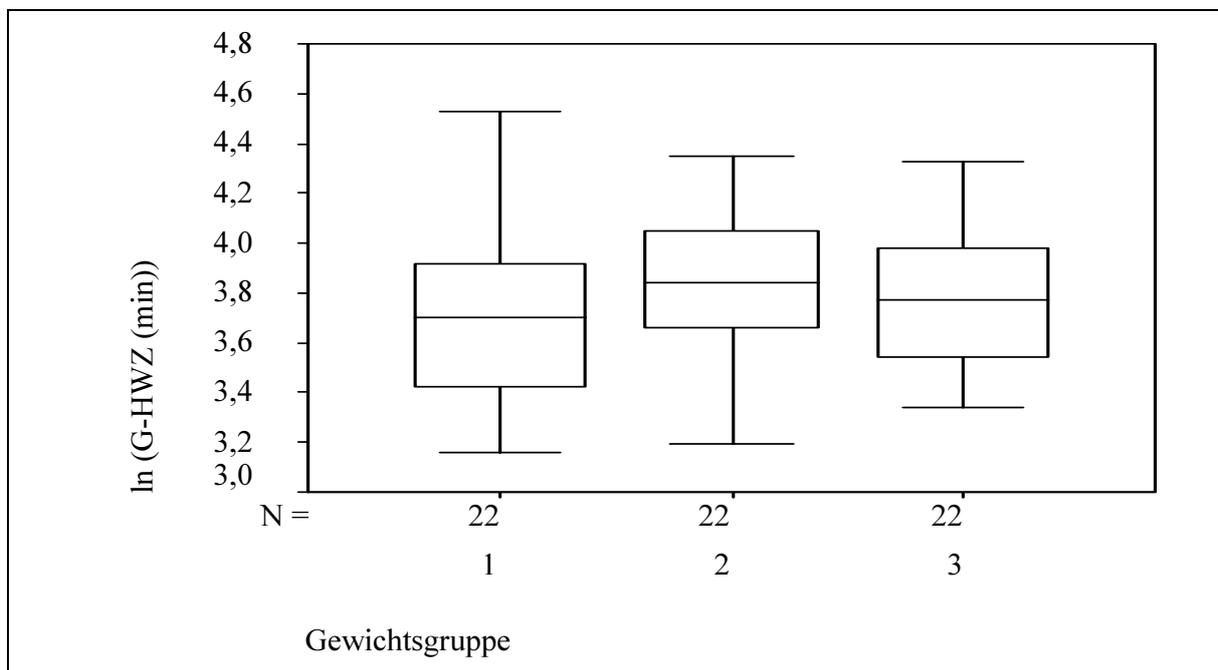


Abb.45: Beziehung zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,030, p = 0,808$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	3,72	0,35	3,43	3,70	3,92			
2	3,84	0,28	3,66	3,84	4,05	n.s.		
3	3,76	0,29	3,54	3,77	3,98	n.s.	n.s.	

Abb.46: Vergleich der G_{HWZ} (logarithmiert) in den Gewichtsgruppen

Basale Insulinkonzentration (Abb. 47, 48)

Im Gesamtüberblick ist bei einer breiten Streuung der Einzelwerte keine Beziehung zwischen der Lebendmasse und der basalen Insulinkonzentration festzustellen.

Auch im Vergleich der Gewichtsgruppen untereinander konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten für I_0 ermittelt werden.

Maximale Insulinkonzentration, Insulinflächenäquivalent, Quotient aus den Flächenäquivalenten (Abb. 49 bis 54)

Alle Parameter der Insulinantwort und der Quotient aus den Flächenäquivalenten zeigen auch im Bezug zum Körpergewicht ein sehr ähnliches Bild. Alle Parameter lassen eine leichte Steigerung der Werte mit zunehmender Lebendmasse erkennen. Diese Beziehung ist aber nicht signifikant und die Streuung der Einzelwerte ist sehr groß.

Zwischen den einzelnen Gewichtsgruppen lassen sich keine signifikante Unterschiede nachweisen.

Rückenfettdicke (Abb. 55, 56)

Die Rückenfettdicke steigt mit der Lebendmasse der Tiere. Die Verteilung der Einzelwerte im Streudiagramm lassen deutlich eine positive Korrelation erkennen. Diese ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 0,1\%$ hochsignifikant.

Der Vergleich der Rückenfettdicken in den einzelnen Gewichtsgruppen zeigt, dass die Messwerte der Gruppen 1 und 2 im etwa gleichen Bereich liegen. Die Rückenfettdicken der 3. Gewichtsgruppe liegen aber deutlich darüber. Deren Mittelwert unterscheidet sich signifikant von den Mittelwerten der beiden ersten Gruppen.

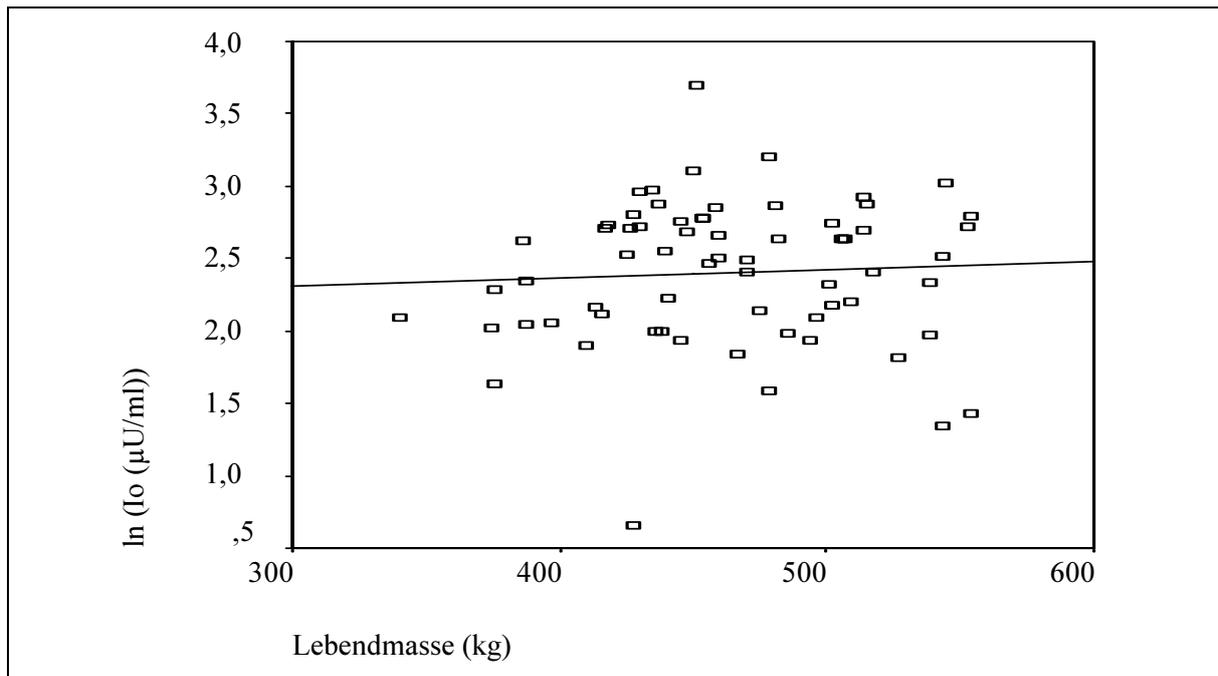
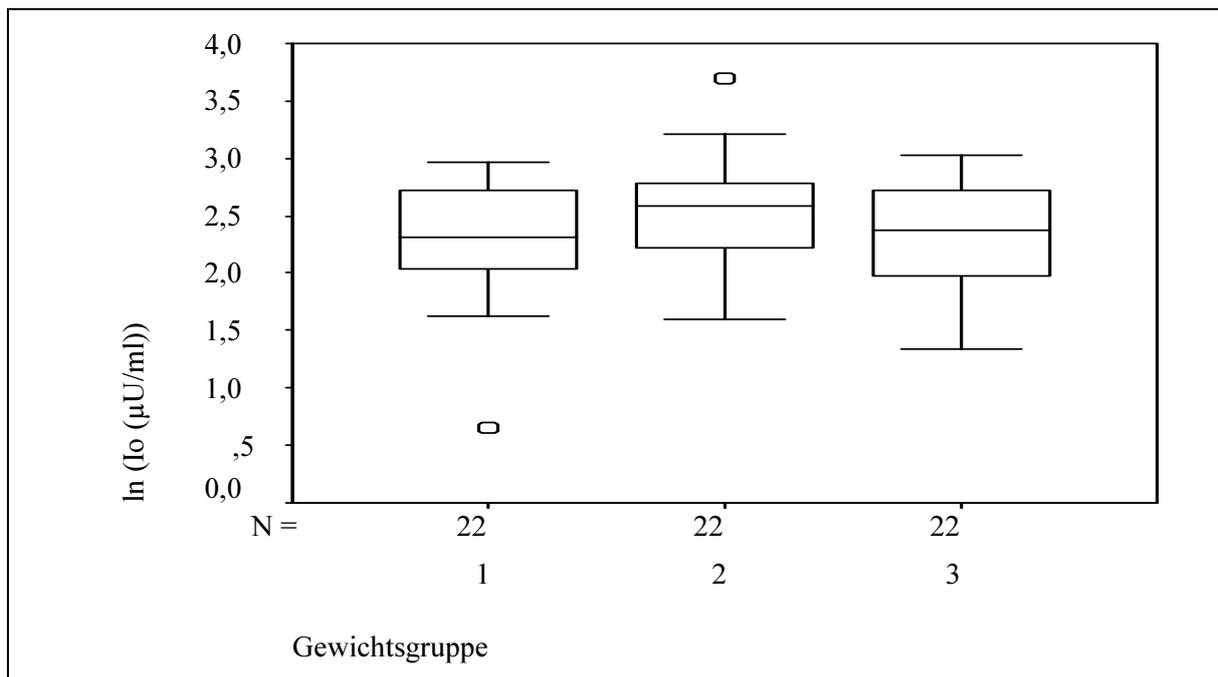


Abb.47: Beziehung zwischen I_0 (logarithmiert) und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,058, p = 0,643$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	2,32	0,54	2,04	2,32	2,73			
2	2,55	0,48	2,22	2,59	2,78	n.s.		
3	2,34	0,47	1,98	2,37	2,72	n.s.	n.s.	

Abb.48: Vergleich der I_0 (logarithmiert) in den Gewichtsgruppen

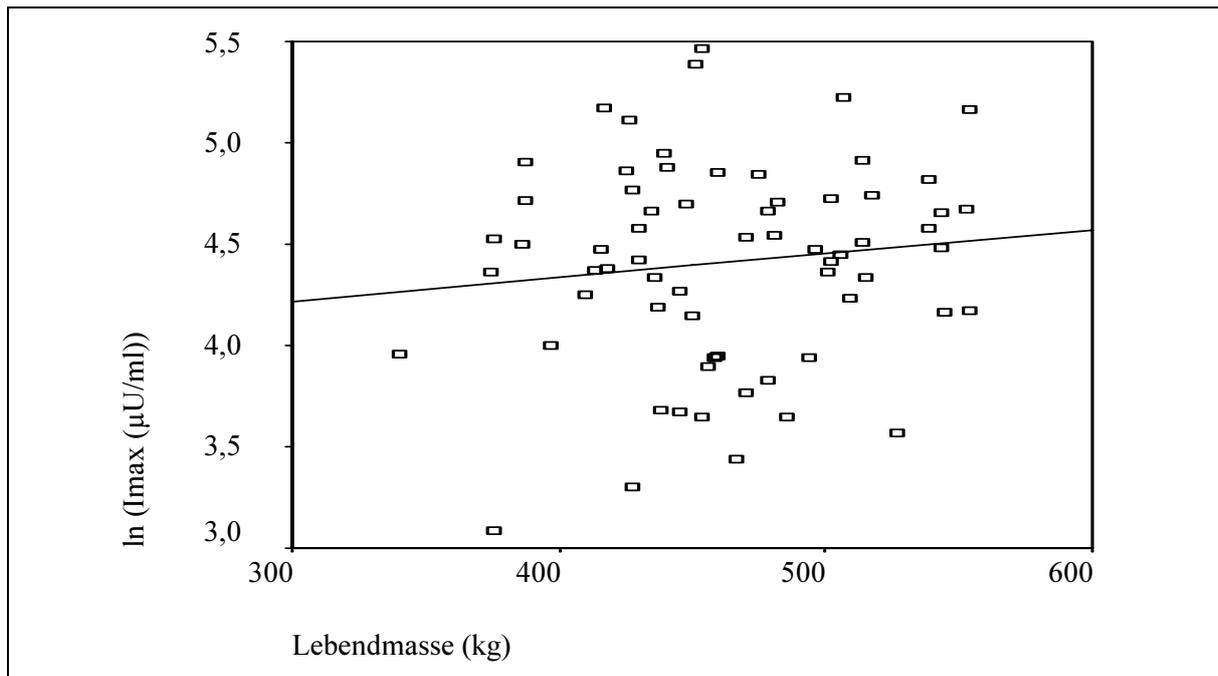
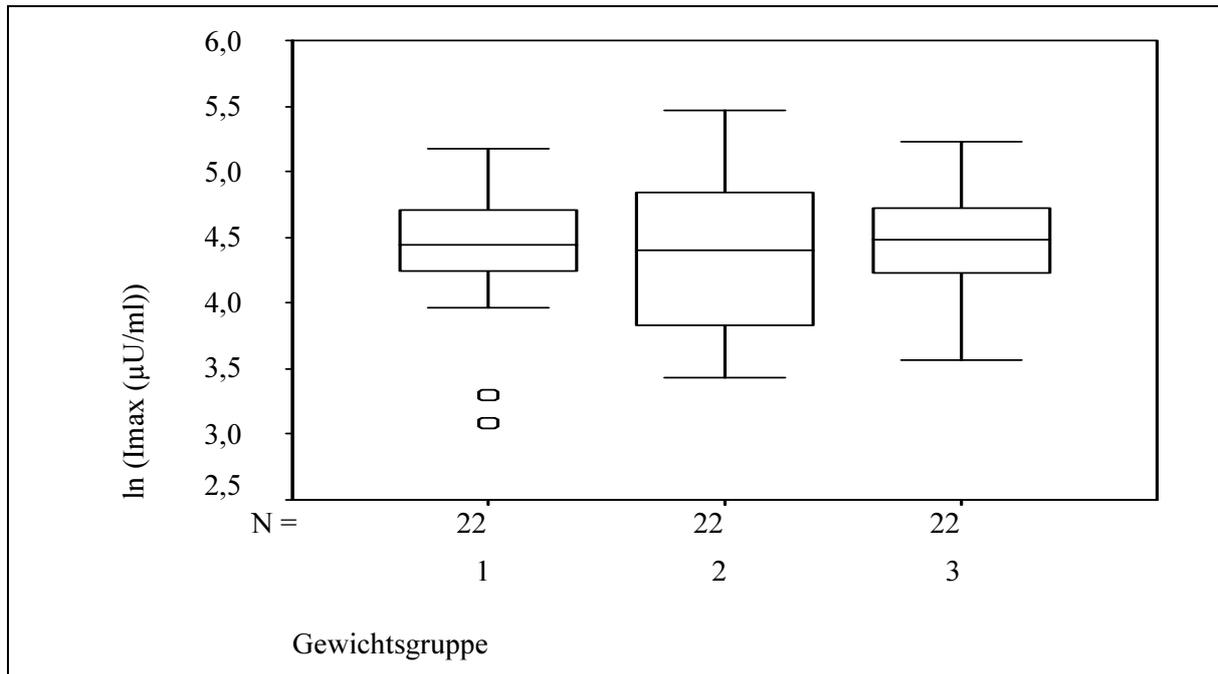


Abb.49: Beziehung zwischen I_{MAX} (logarithmiert) und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,120, p = 0,339$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	4,41	0,50	4,25	4,45	4,71			
2	4,35	0,59	3,83	4,40	4,85	n.s.		
3	4,47	0,42	4,23	4,48	4,73	n.s.	n.s.	

Abb.50: Vergleich der I_{MAX} (logarithmiert) in den Gewichtsgruppen

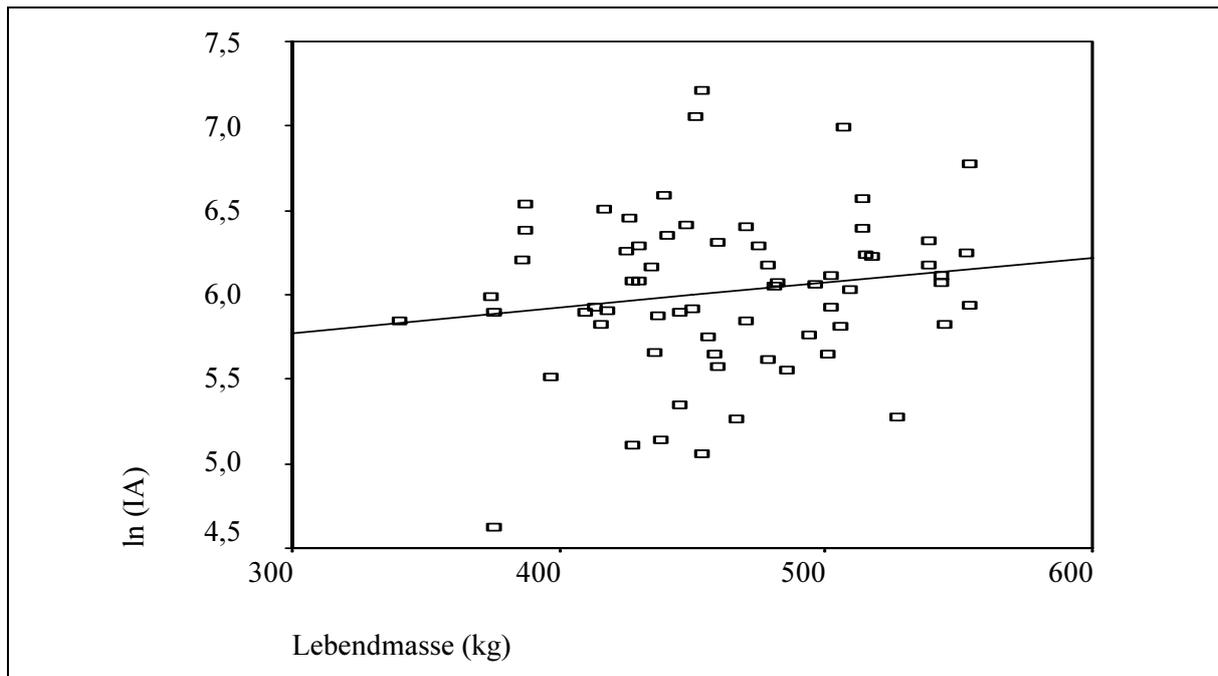
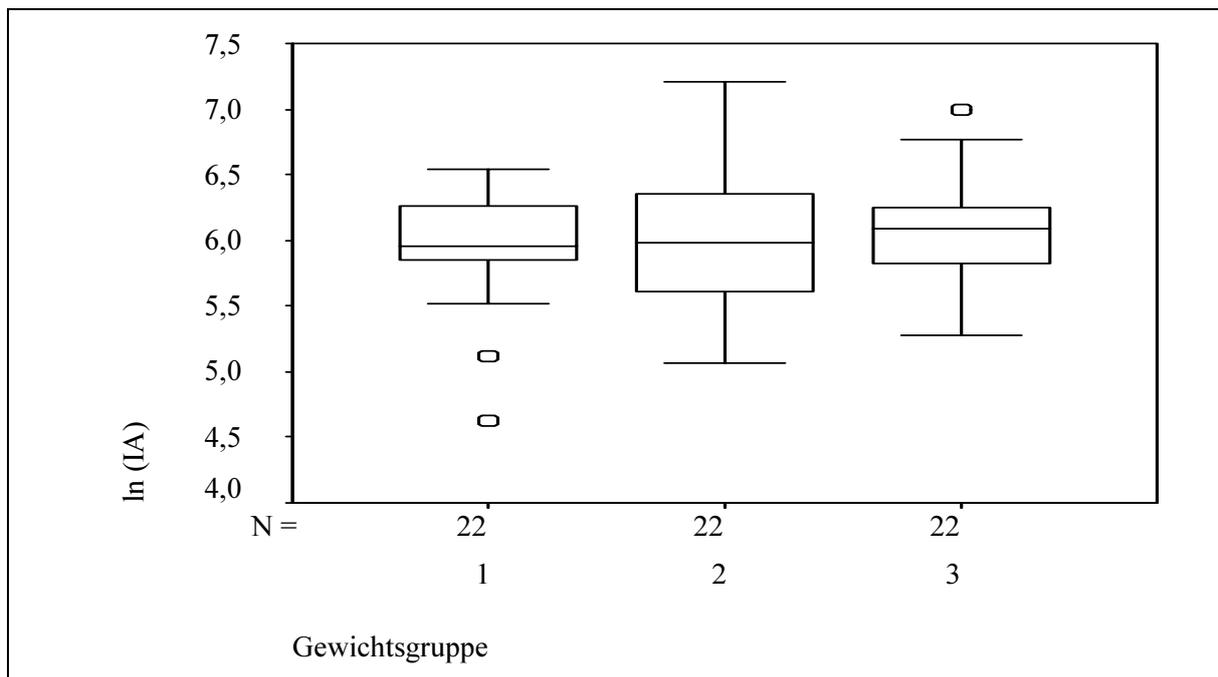


Abb.51: Beziehung zwischen I_A (logarithmiert) und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,161, p = 0,197$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	5,96	0,45	5,84	5,96	6,26			
2	6,00	0,57	5,61	5,99	6,35	n.s.		
3	6,09	0,39	5,82	6,09	6,25	n.s.	n.s.	

Abb.52: Vergleich der I_A (logarithmiert) in den Gewichtsgruppen

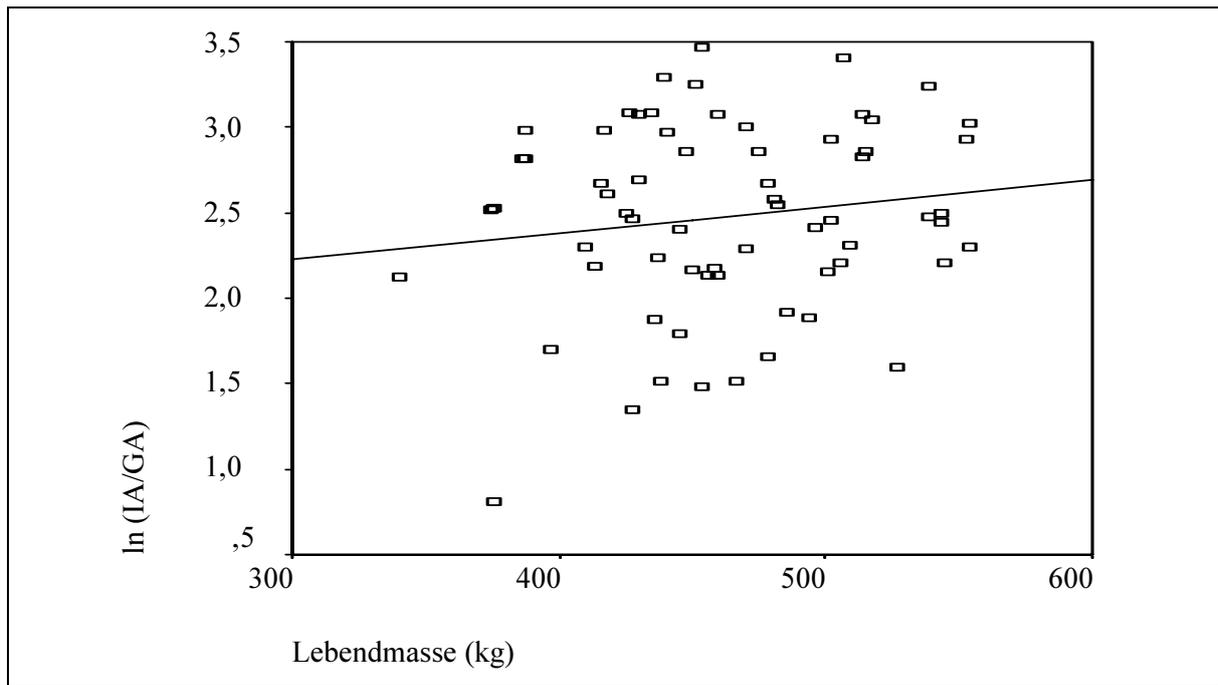
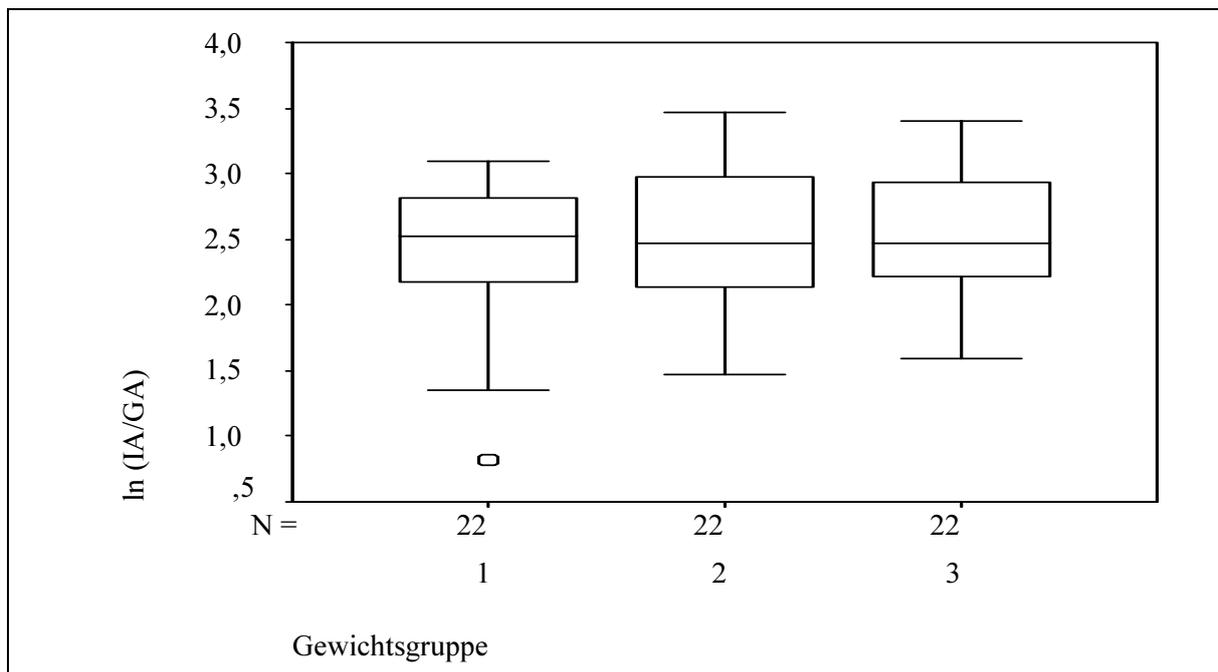


Abb.53: Beziehung zwischen I_A/G_A (logarithmiert) und der Lebendmasse
 $n = 66, r = 0,143, p = 0,254$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	2,43	0,59	2,18	2,53	2,82			
2	2,45	0,61	2,14	2,47	2,97	n.s.		
3	2,55	0,47	2,21	2,46	2,93	n.s.	n.s.	

Abb.54: Vergleich der I_A/G_A (logarithmiert) in den Gewichtsgruppen

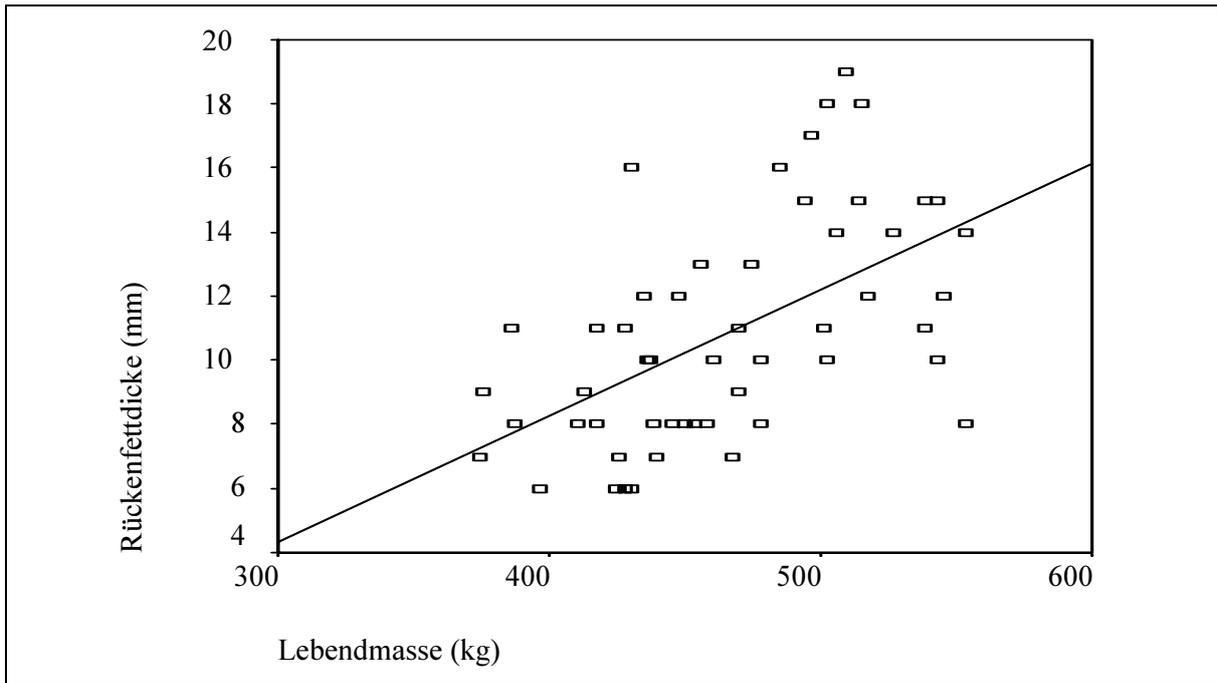
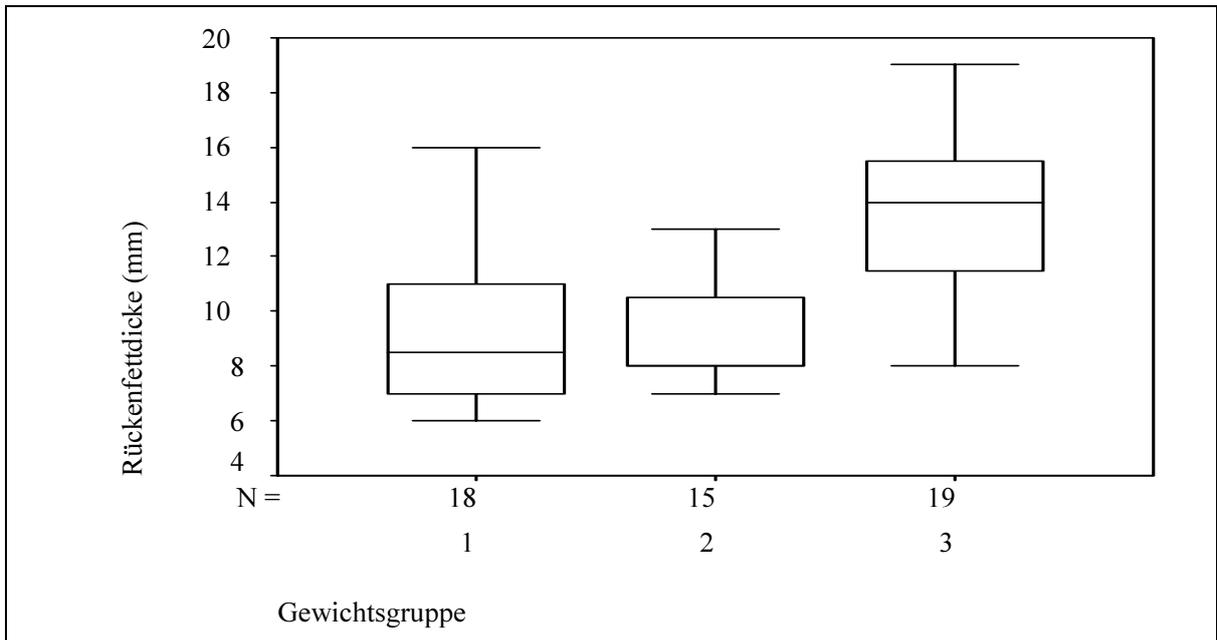


Abb.55: Beziehung zwischen der Rückenfettstärke und der Lebendmasse
 $n = 52, r = 0,554, p < 0,001$



Gew.- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Gewichtsgruppe		
						1	2	3
1	8,94	2,65	7,00	8,50	11,00			
2	9,33	2,06	8,00	8,00	10,50	n.s.		
3	13,89	3,05	11,50	14,00	15,50	<0,001	<0,001	

Abb.56: Vergleich der Rückenfettstärken der Bullen in den Gewichtsgruppen

Der Tabelle 8 sind die Mittelwerte aller Testparameter, aufgeteilt nach Gewichtsgruppen, zu entnehmen. Für die Parameter G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A sind die rücktransformierten Werte angegeben. Die rechte Spalte zeigt, ob eine signifikante Beziehung zum Körpergewicht besteht.

Tabelle 8: Mittelwerte der Parameter des ivGTT in den Gewichtsgruppen

Parameter	Gewichtsgruppe	Gewichtsgruppe	Gewichtsgruppe	Gewichts- abhängigkeit
	1	2	3	
G_0 (mmol/l)	4,18	4,54	4,43	positiv
G_{MAX} (mmol/l)	9,19	8,58	9,03	n.s.
G_A	34,97	35,38	35,20	n.s.
G_{HWZ} (Min)	41,26	46,53	42,95	n.s.
I_0 (μ U/ml)	10,18	12,81	10,38	n.s.
I_{MAX} (μ U/ml)	82,27	77,48	87,36	n.s.
I_A	387,61	403,43	441,42	n.s.
I_A/G_A	11,36	11,59	12,81	n.s.

4.4 Einfluss der Rückenfettdicke

Die Rückenfettdicke korreliert signifikant mit dem Alter der Tiere ($r = -0,312$, $p < 0,001$), somit wäre es sinnvoll zu Beurteilung des Einflusses der Rückenfettdicke möglichst gleichaltrige Tiere zu vergleichen. Aus technischen Gründen konnte die Rückenfettdicke nicht bei allen Bullen gemessen werden. Deshalb ist die Anzahl der Tiere in den einzelnen Lebensmonaten gering bzw. ist die Verteilung auf die beiden Stationen nicht gleichmäßig. Aus diesem Grund wurden alle Bullen der Altersgruppe 2 in die Auswertung einbezogen (Tab. 9).

Table 9: Anzahl der RFD-Messungen aufgeteilt nach Station und Altersgruppe (ohne die kurzfristigen Wiederholungen)

	Altersgruppe 1	Altersgruppe 2	Altersgruppe 3	gesamt
Station 1	2	99	32	133
Station 2	156	82	21	259
gesamt	158	181	53	392

Für den Gruppenvergleich wurden 3 RFD-Gruppen gebildet. Die Gruppenaufteilung erfolgte wie folgt:

Gruppe 1: RFD < 10 mm ($\bar{x} = 7,6$ mm)

Gruppe 2: RFD = 10 – 12 mm ($\bar{x} = 11,0$ mm)

Gruppe 3: RFD > 12 mm ($\bar{x} = 14,8$ mm)

Die **basale Glukosekonzentration** zeigte eine schwache signifikante Beziehung zur Rückenfettdicke (Abb. 57).

Für **alle anderen Parameter des ivGTT** konnte eine Abhängigkeit von der Rückenfettdicke statistisch nicht gesichert werden. Auch zwischen den einzelnen RFD-Gruppen konnte für keinen der Parameter ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abb. 58 bis 72).

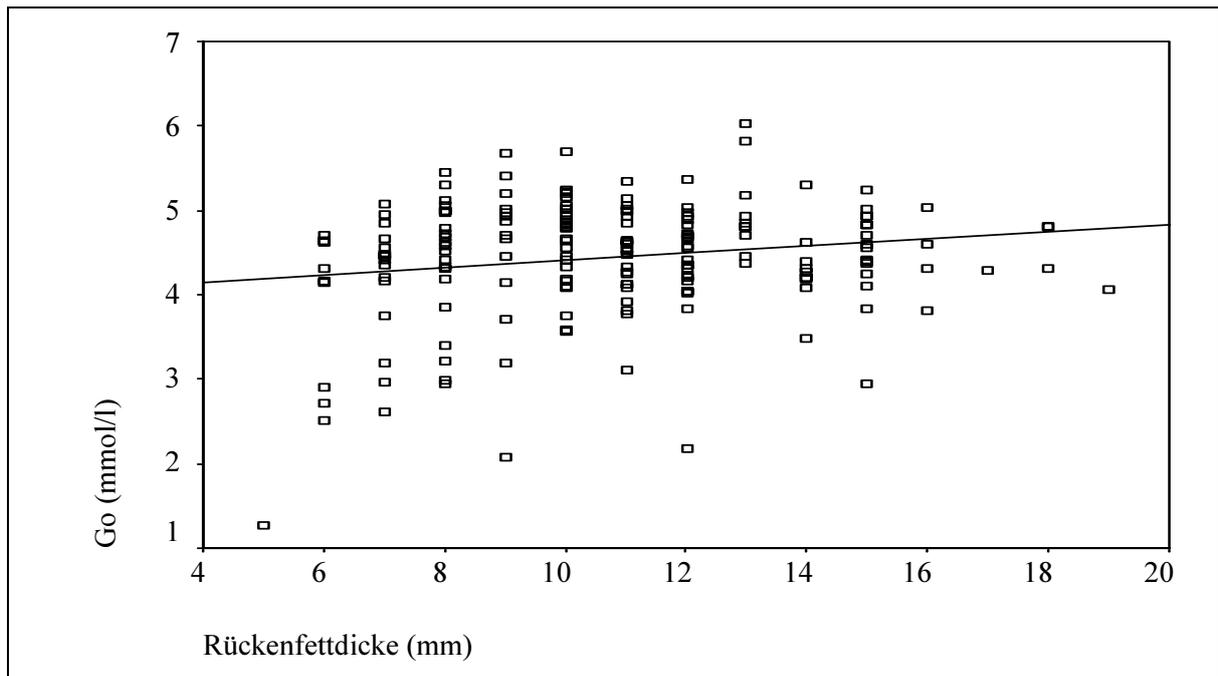
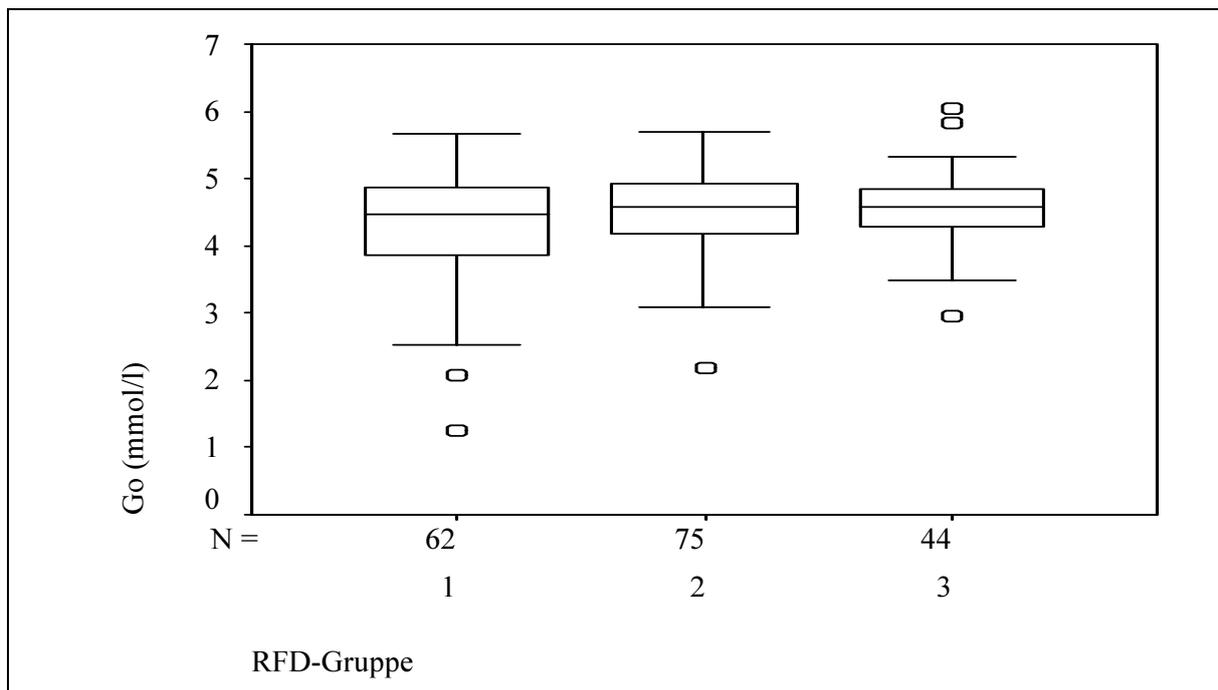


Abb.57: Beziehung zwischen G_0 und der Rückenfett dicke
 $n = 181, r = 0,178, p < 0,05$



<i>RFD-gruppe</i>	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	<i>RFD-Gruppe</i>		
						<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	4,25	0,90	3,83	4,47	4,88			
2	4,51	0,56	4,17	4,58	4,94	n.s.		
3	4,56	0,55	4,28	4,58	4,85	n.s.	n.s.	

Abb.58: Vergleich der G_0 in den RFD-Gruppen

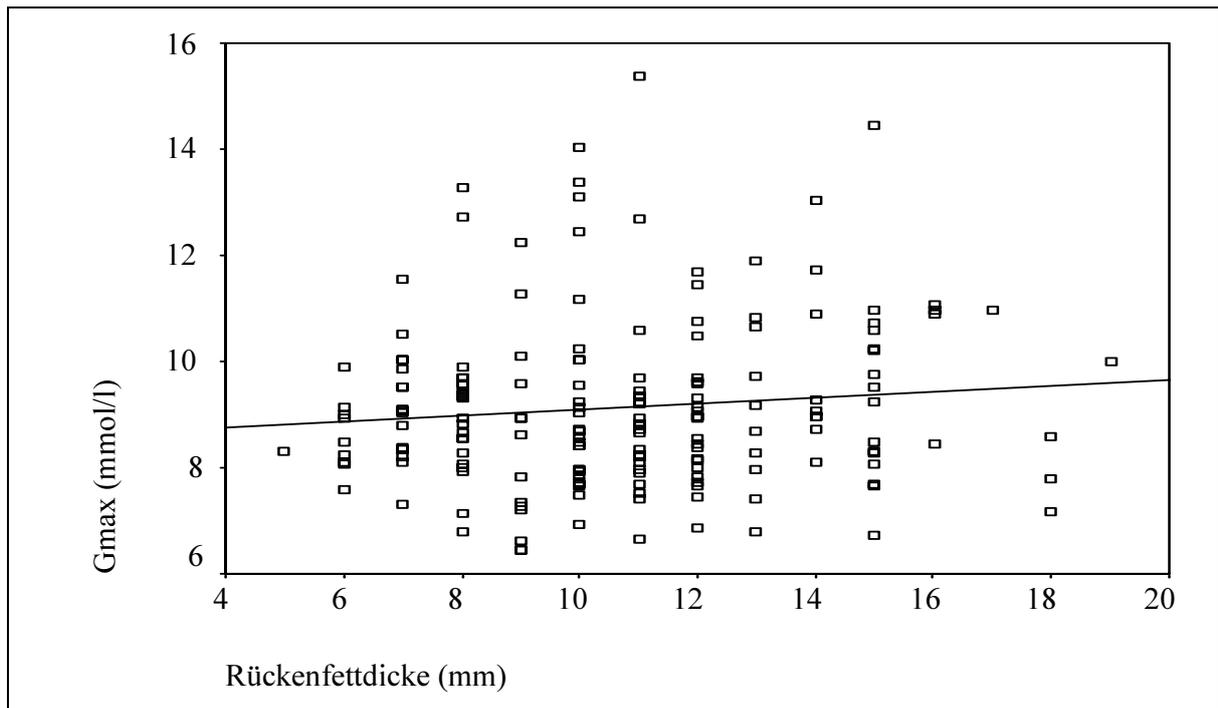
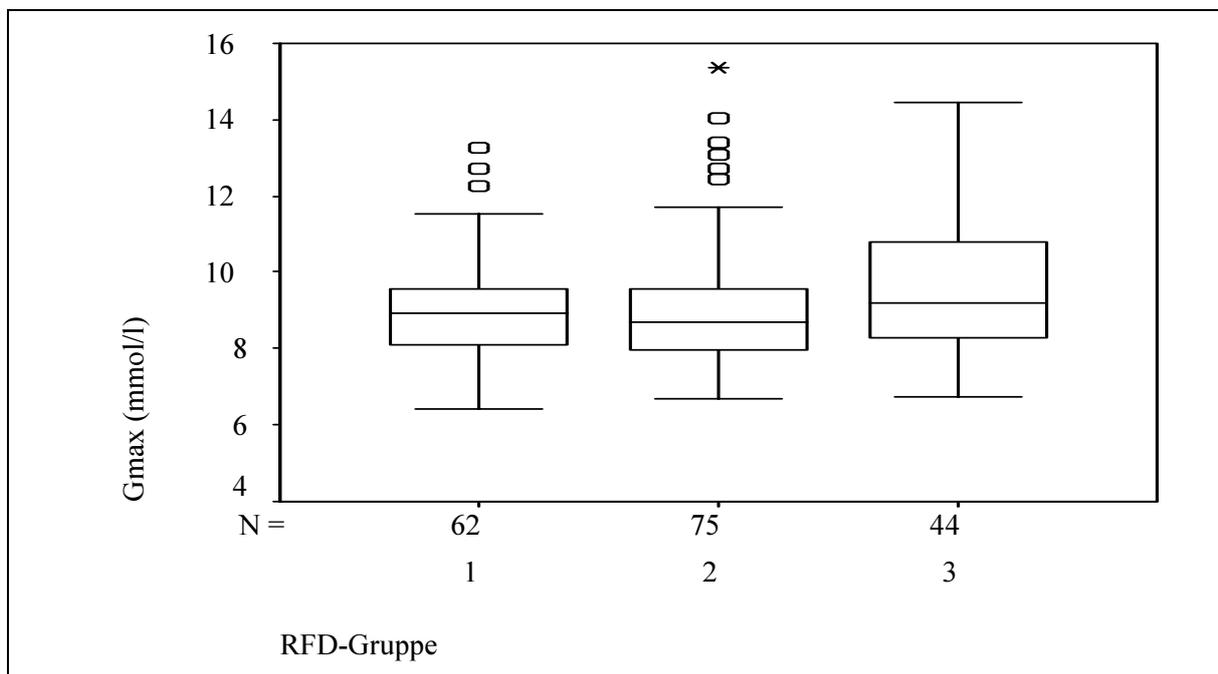


Abb.59: Beziehung zwischen G_{MAX} und der Rückenfettdicke
 $n = 181, r = 0,102, p = 0,172$



RFD- gruppe	\bar{x}	<i>s</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	8,93	1,38	8,10	8,93	9,59			
2	9,11	1,68	7,97	8,71	9,58	n.s.		
3	9,48	1,66	8,27	9,21	10,81	n.s.	n.s.	

Abb.60: Vergleich der G_{MAX} in den RFD-Gruppen

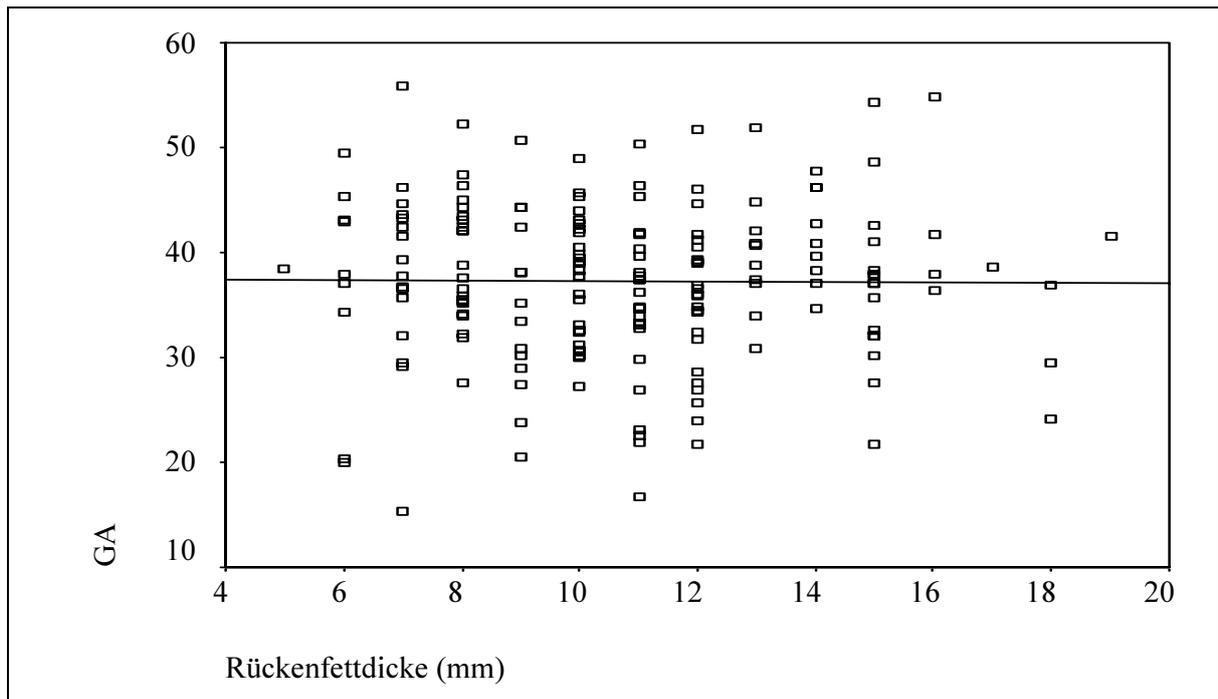
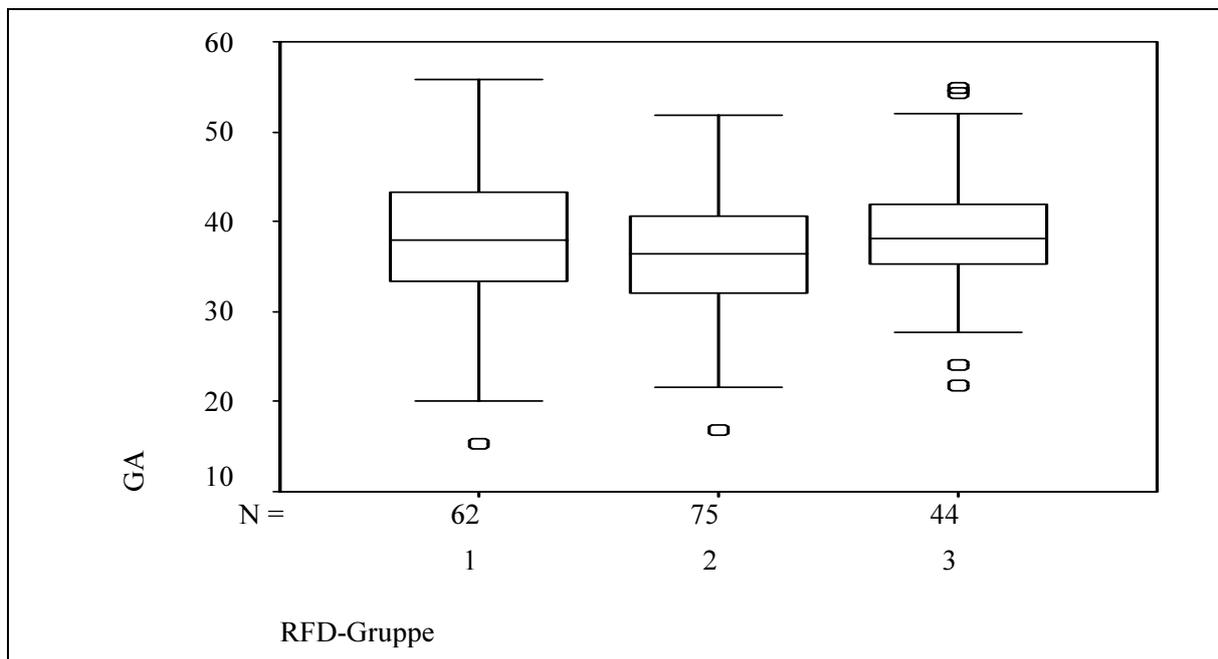


Abb.61: Beziehung zwischen G_A und der Rückenfettdicke

$n = 181, r = -0,007, p = 0,924$



RFD-gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	37,59	8,11	33,11	37,88	43,39			
2	36,05	7,12	31,66	36,51	40,56	n.s.		
3	38,64	7,04	34,98	38,14	42,03	n.s.	n.s.	

Abb.62: Vergleich der G_A in den RFD-Gruppen

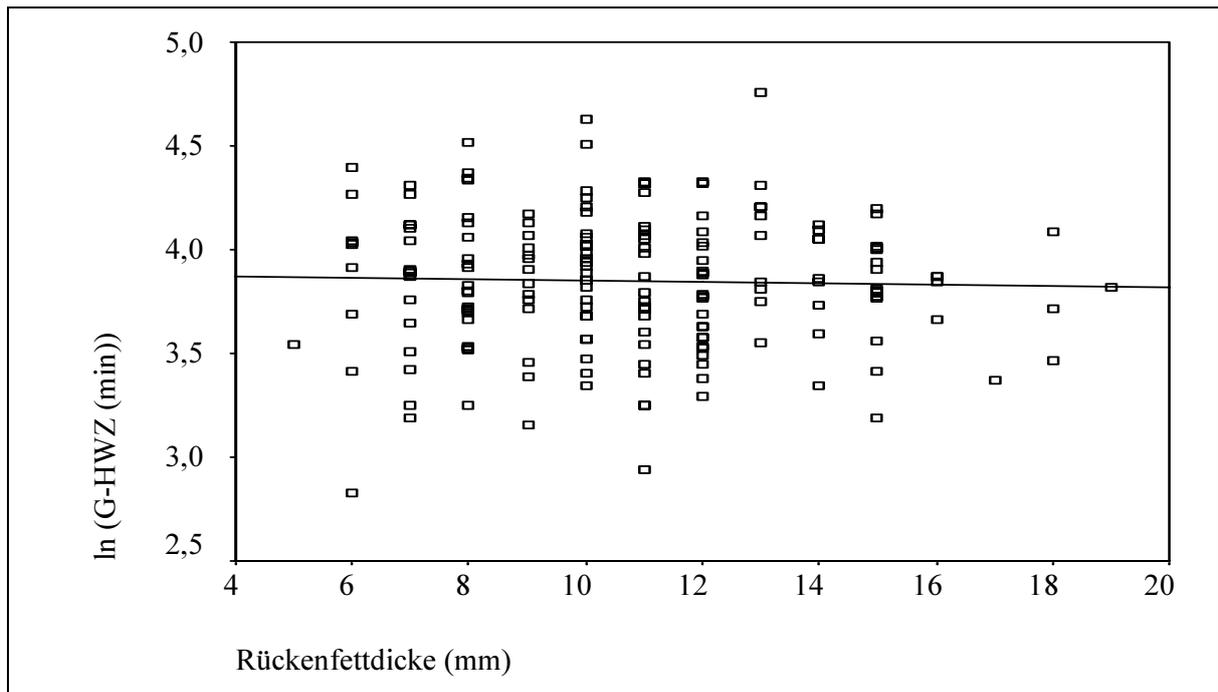
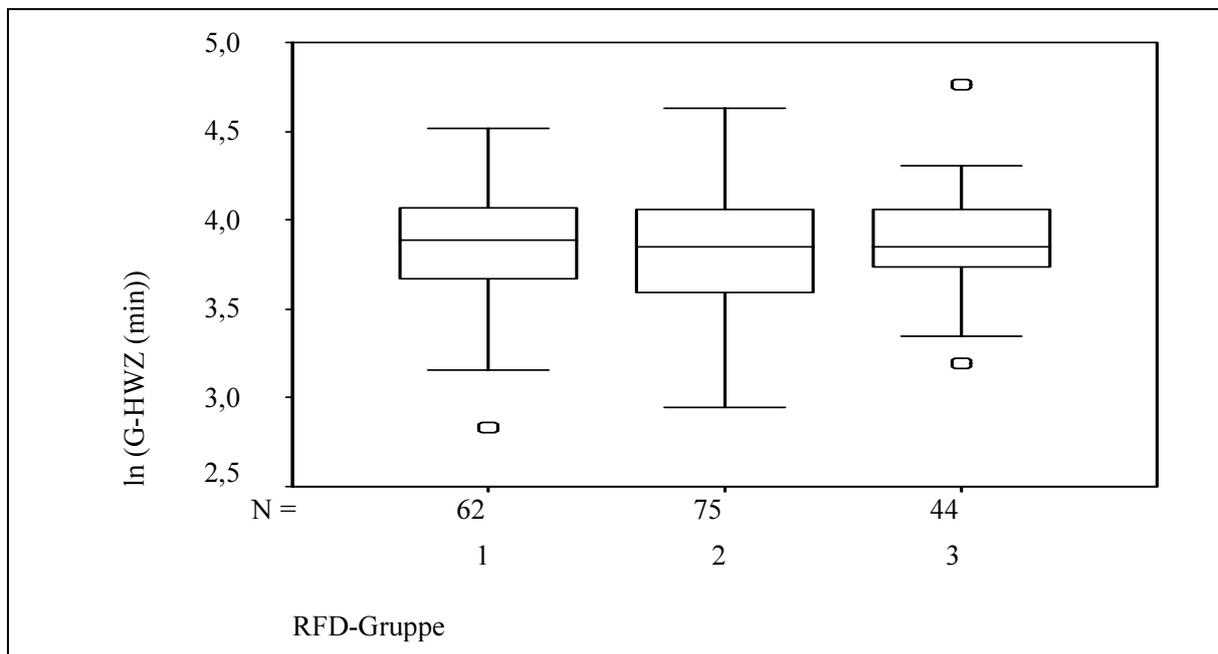


Abb.63: Beziehung zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) und der Rückenfettdicke
 $n = 181, r = -0,028, p = 0,704$



RFD- gruppe	\bar{x}	<i>s</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	3,84	0,34	3,66	3,89	4,08			
2	3,83	0,33	3,58	3,85	4,06	n.s.		
3	3,87	0,29	3,74	3,85	4,06	n.s.	n.s.	

Abb.64: Vergleich der G_{HWZ} (logarithmiert) in den RFD-Gruppen

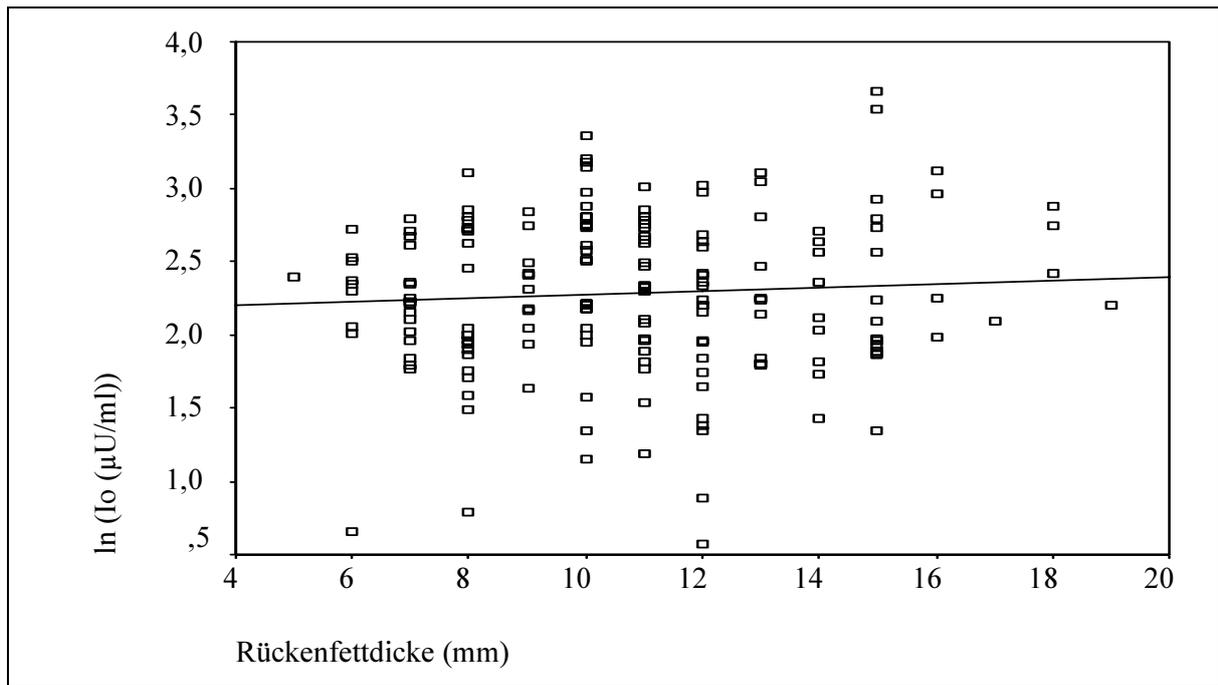
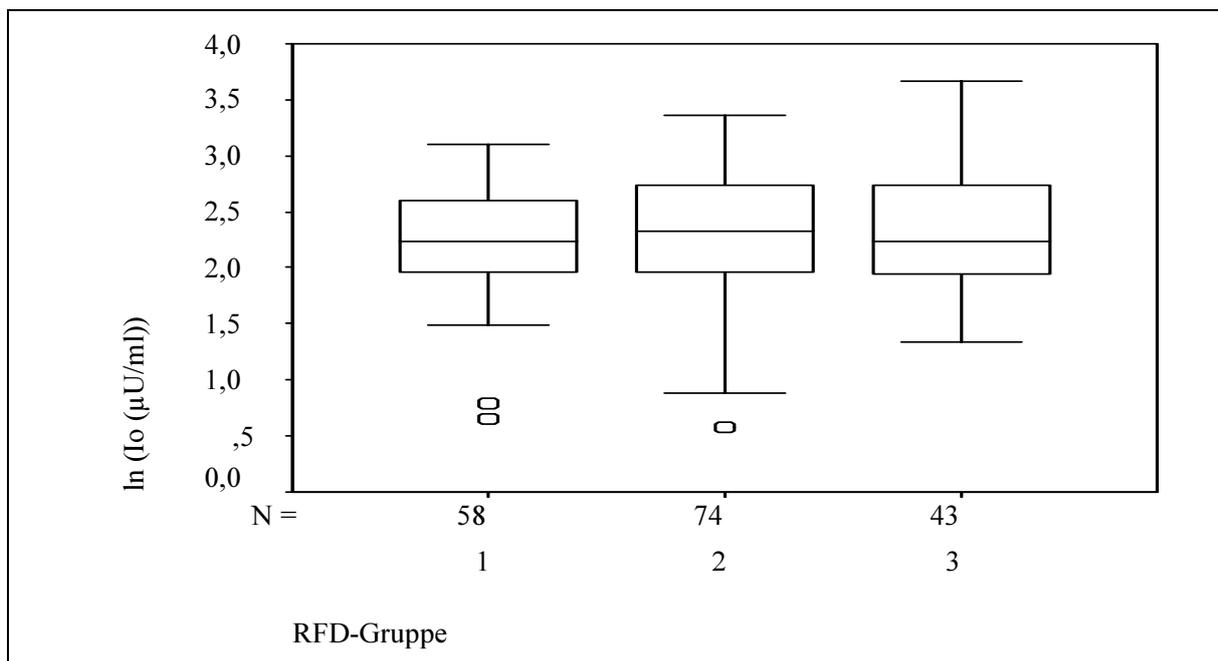


Abb.65: Beziehung zwischen I_0 (logarithmiert) und der Rückenfett Dicke
 $n = 175, r = 0,067, p = 0,380$



RFD- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	2,22	0,47	1,95	2,24	2,61			
2	2,28	0,57	1,95	2,33	2,74	n.s.		
3	2,35	0,53	1,94	2,24	2,75	n.s.	n.s.	

Abb.66: Vergleich der I_0 (logarithmiert) in den RFD-Gruppen

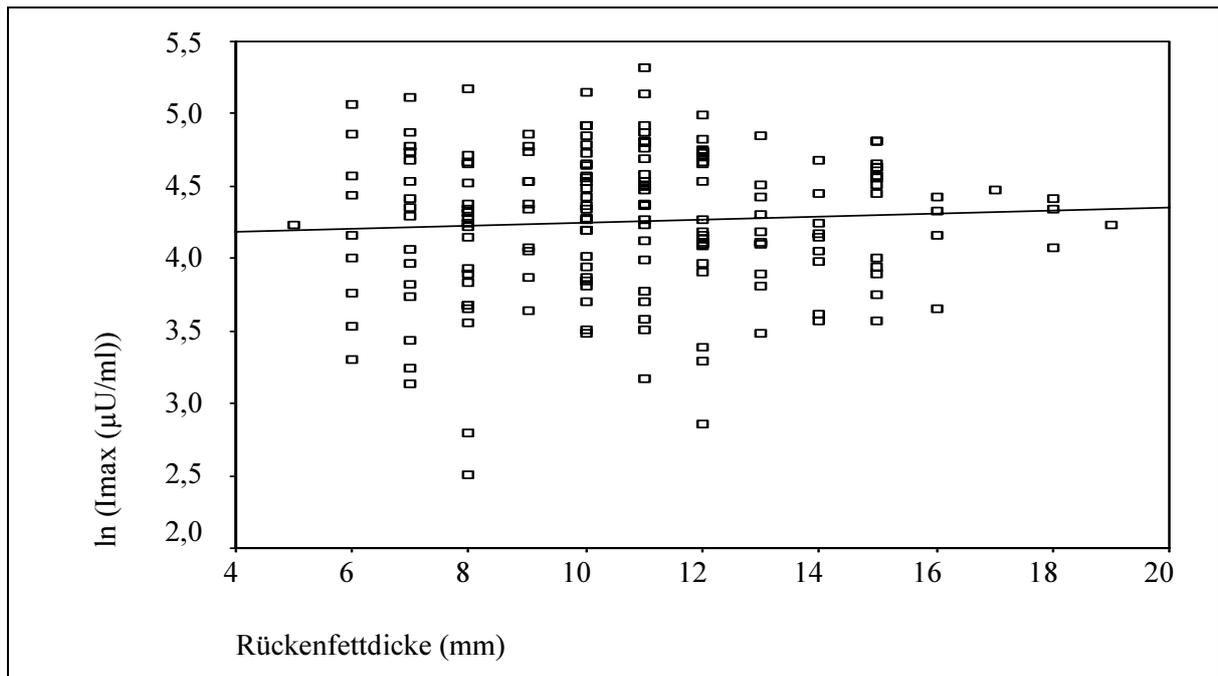
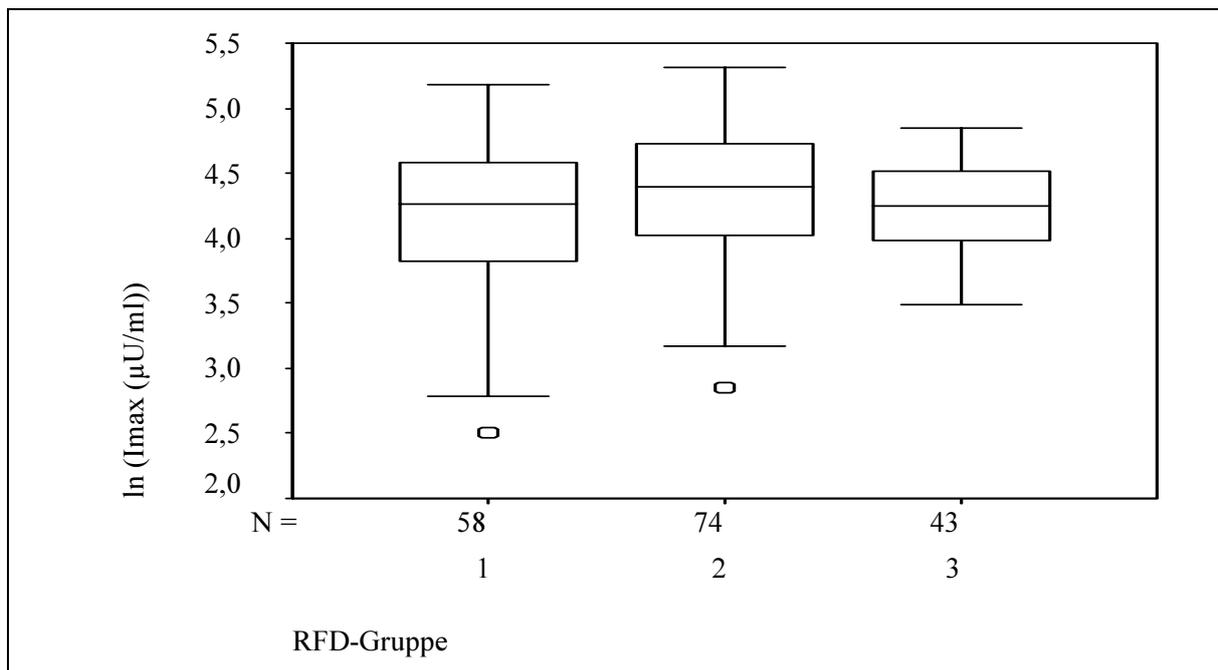


Abb.67: Beziehung zwischen I_{MAX} (logarithmiert) und der Rückenfettdicke
 $n = 175, r = 0,060, p = 0,427$



RFD- gruppe	\bar{x}	<i>s</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	4,17	0,57	3,81	4,27	4,60			
2	4,33	0,50	4,01	4,40	4,73	n.s.		
3	4,23	0,37	3,98	4,25	4,51	n.s.	n.s.	

Abb.68: Vergleich der I_{MAX} (logarithmiert) in den RFD-Gruppen

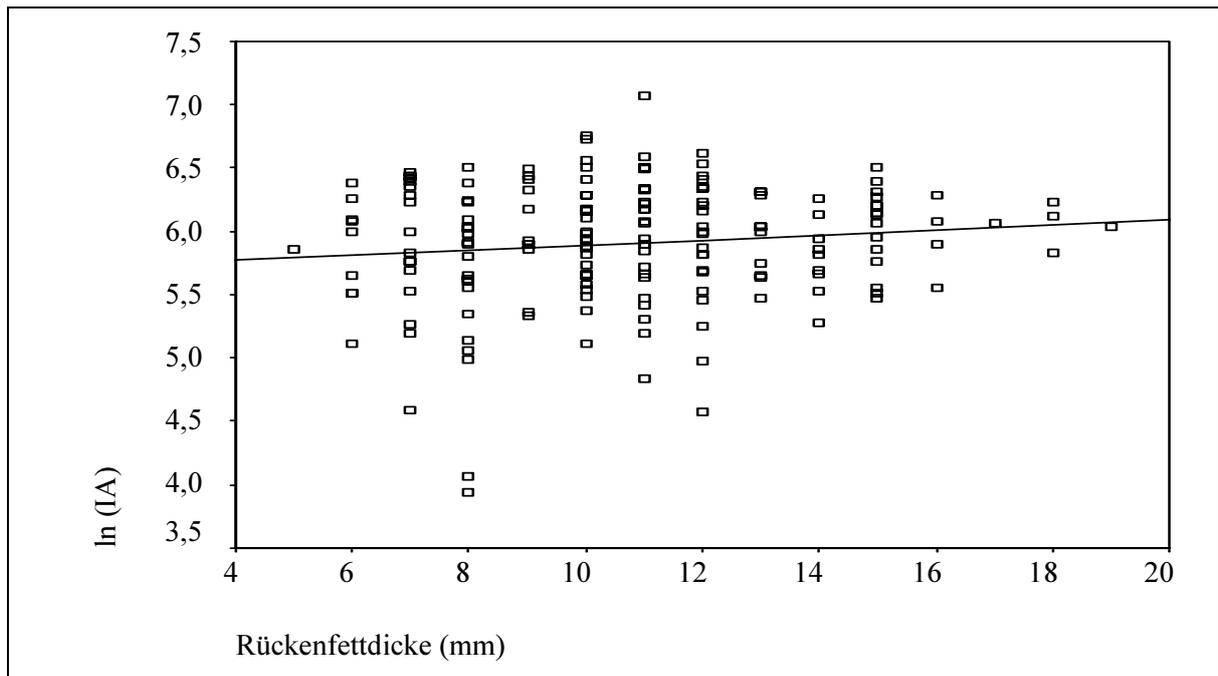
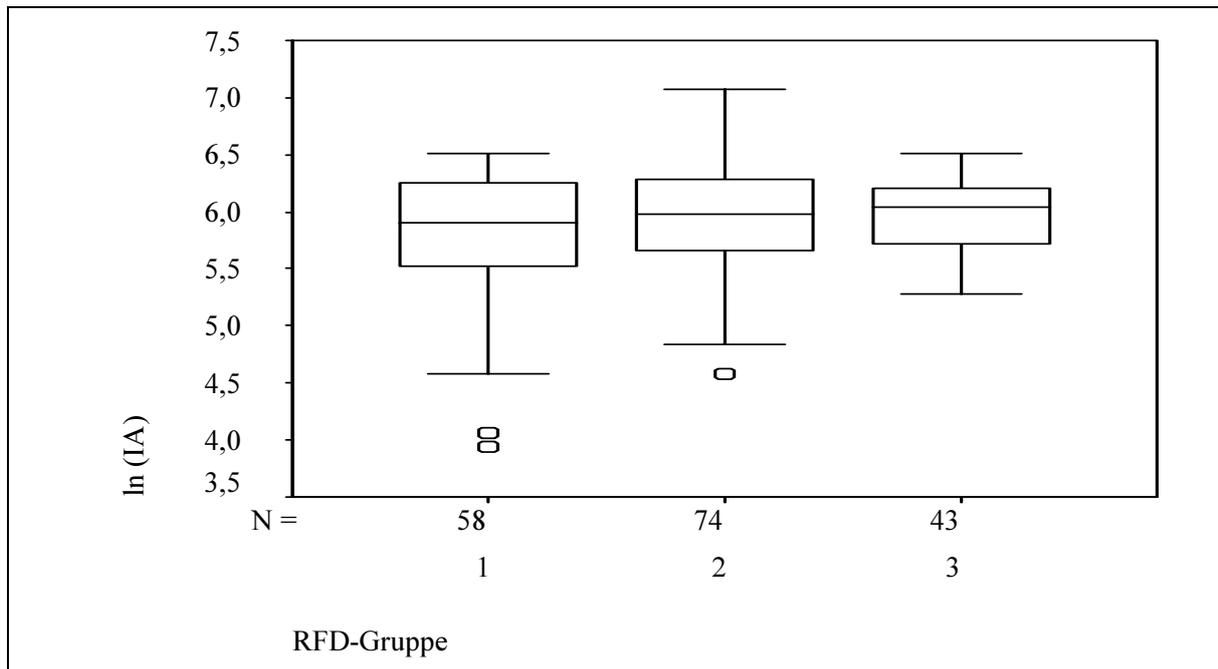


Abb.69: Beziehung zwischen I_A (logarithmiert) und der Rückenfettdicke
 $n = 175, r = 0,123, p = 0,105$



RFD- gruppe	\bar{x}	<i>s</i>	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	5,81	0,56	5,52	5,90	6,25			
2	5,96	0,47	5,66	5,98	6,30	n.s.		
3	5,96	0,30	5,69	6,03	6,20	n.s.	n.s.	

Abb.70: Vergleich der I_A (logarithmiert) in den RFD-Gruppen

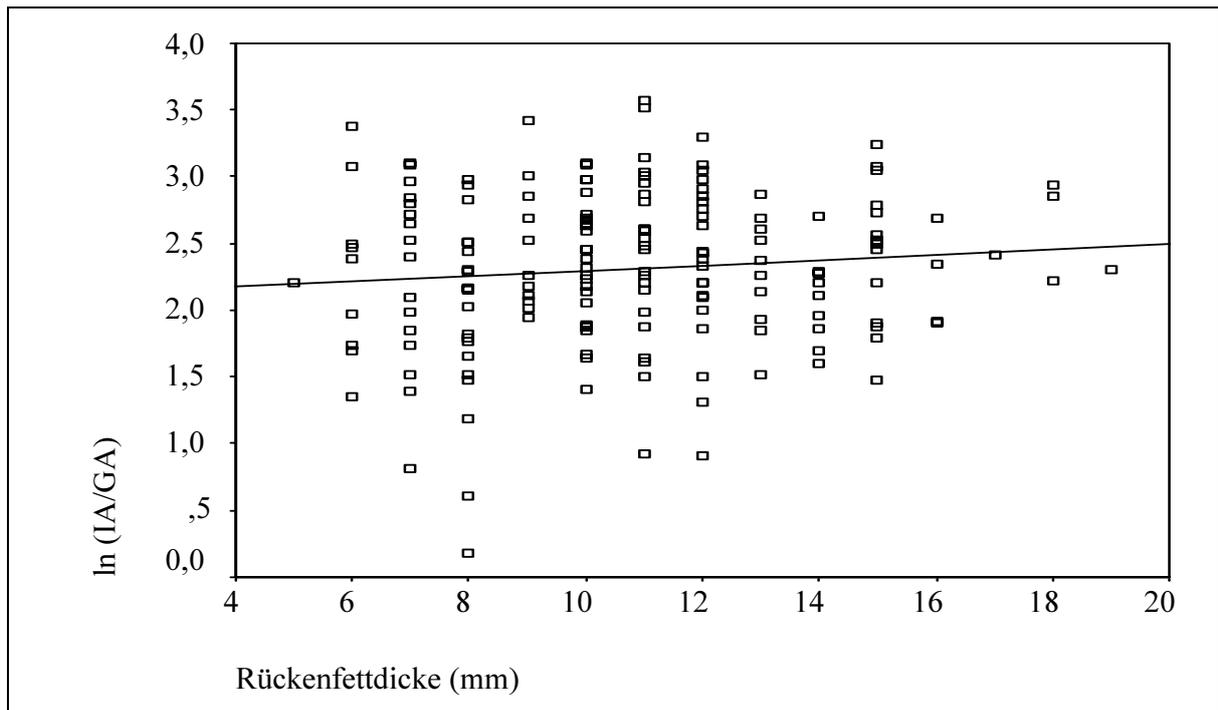
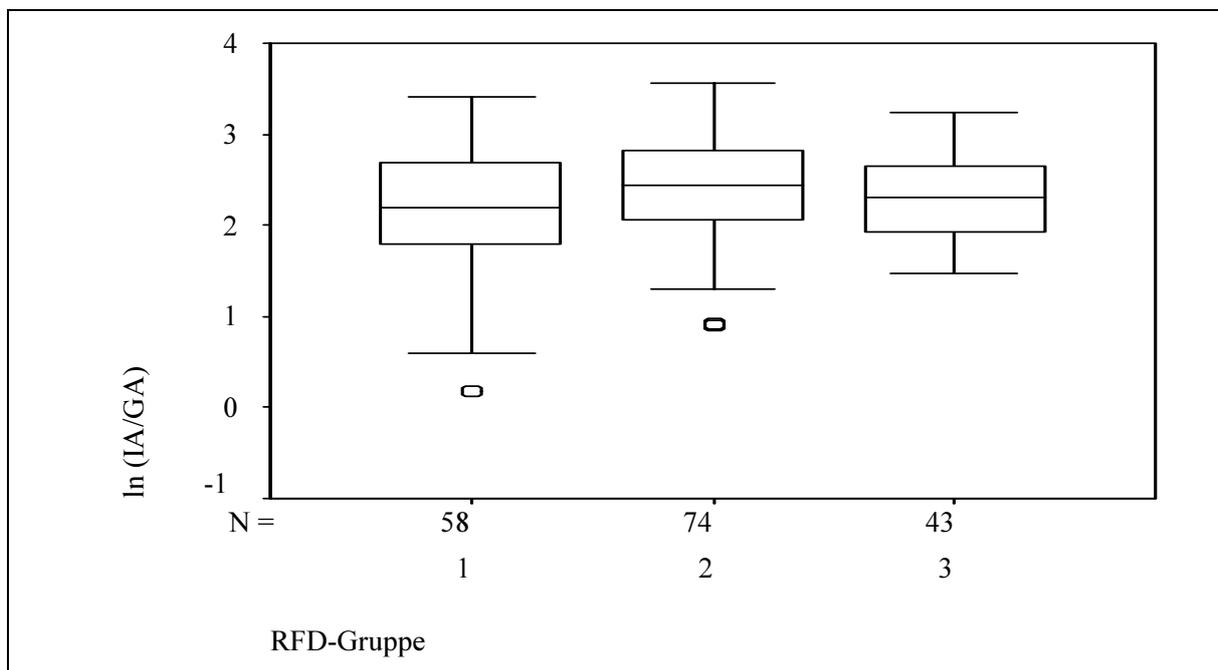


Abb.71: Beziehung zwischen I_A/G_A (logarithmiert) und der Rückenfett dicke
 $n = 175, r = 0,102, p = 0,178$



RFD- gruppe	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	RFD-Gruppe		
						1	2	3
1	2,20	0,66	1,78	2,20	2,70			
2	2,40	0,56	2,05	2,45	2,83	n.s.		
3	2,32	0,44	1,92	2,31	2,69	n.s.	n.s.	

Abb.72: Vergleich der I_A/G_A (logarithmiert) in den RFD-Gruppen

In Tabelle 10 sind die Mittelwerte aller Parameter des Tests in den drei RFD-Gruppen zusammengefasst. Dabei handelt es sich bei den Parametern G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A um die rücktransformierten Werte. Zusätzlich ist in der rechten Spalte die Signifikanz der Beziehung zur Rückenfettdicke angegeben.

Tabelle 10: Mittelwerte der Parameter des ivGTT in den RFD-Gruppen

<i>Parameter</i>	<i>RFD-Gruppe</i>	<i>RFD-Gruppe</i>	<i>RFD-Gruppe</i>	<i>RFD- abhängigkeit</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
G_0 (mmol/l)	4,25	4,51	4,56	positiv
G_{MAX} (mmol/l)	8,93	9,11	9,48	n.s.
G_A	37,59	36,05	38,64	n.s.
G_{HWZ} (Min)	46,53	46,06	47,94	n.s.
I_0 (μ U/ml)	9,21	9,78	10,49	n.s.
I_{MAX} (μ U/ml)	64,72	75,94	68,72	n.s.
I_A	333,62	387,61	387,61	n.s.
I_A/G_A	9,03	11,02	10,18	n.s.

4.5 Einfluss der Station

Die drei Altersgruppen sind je nach Station unterschiedlich stark besetzt. Aus diesem Grund wurden zur Beurteilung des Stationseinflusses nur die Tiere der Altersgruppe 2 miteinander verglichen. Diese Altersgruppe enthält auf beiden Stationen eine vergleichbar große Anzahl von Tieren (Tab. 7).

Basale Glukosekonzentration (Abb. 73)

Der Standort der Tiere hat einen deutlichen Einfluss auf die basale Glukosekonzentration. Der Mittelwert für G_0 ist bei den Bullen der Station 2 signifikant höher als bei den Bullen, die auf der Station 1 untersucht wurden.

Maximale Glukosekonzentration (Abb. 74)

Bei der maximalen Glukosekonzentration sieht es bezüglich des Stationseinflusses genau umgekehrt aus. Die Tiere der Station 2 haben einen signifikant niedrigeren Durchschnittswert für G_{MAX} .

Glukoseflächenäquivalent (Abb. 75)

Für das Glukoseflächenäquivalent wurde kein statistisch nachweisbarer Unterschied zwischen den beiden Stationen festgestellt.

Glukosehalbwertszeit (Abb. 76)

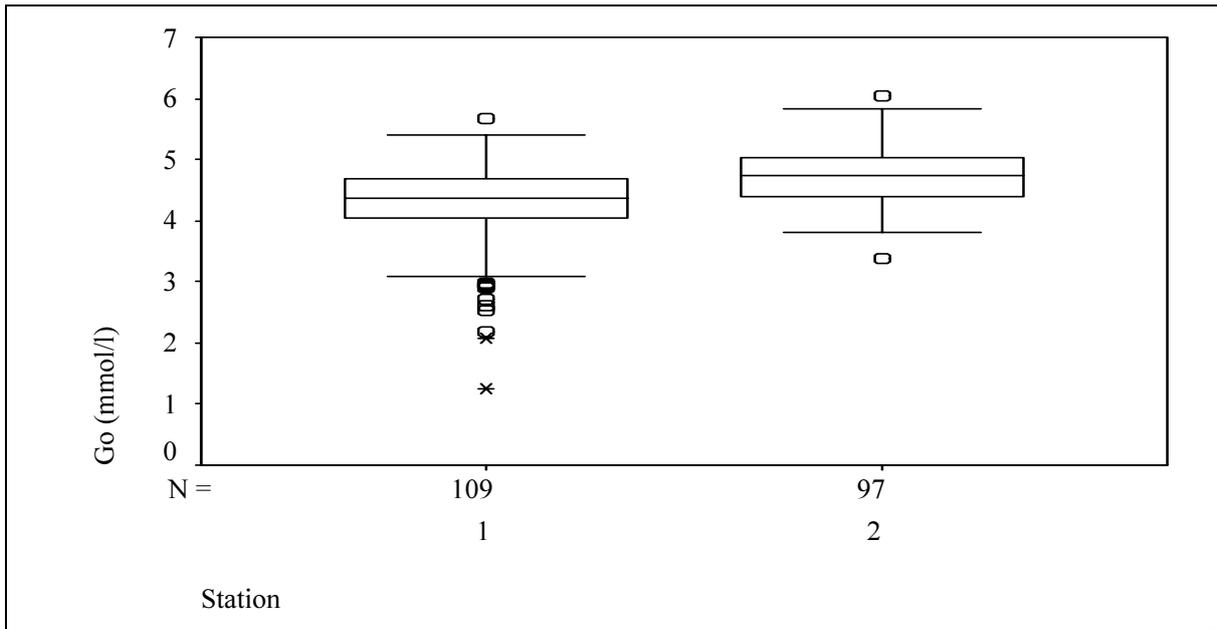
Die Glukosehalbwertszeit zeigt die gleiche Beziehung zum Untersuchungsort wie die basale Glukosekonzentration. Der Mittelwert ist bei den auf der Station 2 untersuchten Bullen signifikant höher als bei denen, die auf Station 1 untersucht wurden.

Basale Insulinkonzentration, maximale Insulinkonzentration, Insulinflächenäquivalent, Quotient aus den Flächenäquivalenten (Abb. 77 bis 80)

In Bezug zur Station verhalten sich alle Insulinparameter sowie der Quotient aus den beiden Flächenäquivalenten sehr ähnlich. Bei allen diesen Parametern zeigen die Bullen der Station 2 signifikant höhere Durchschnittswerte als die der Station 1.

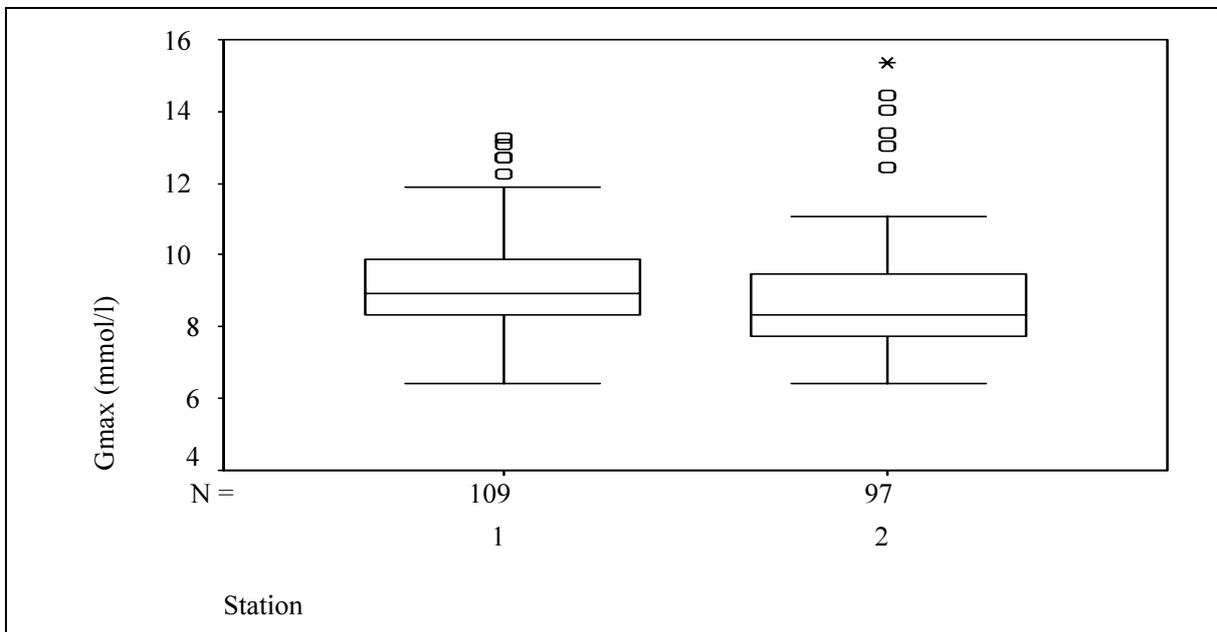
Lebendmasse, Rückenfettdicke (Abb. 81, 82)

Sowohl das Körpergewicht als auch die Rückenfettdicke der Bullen sind auf Station 2 höher als auf Station 1. Deren Mittelwerte unterscheiden sich signifikant.



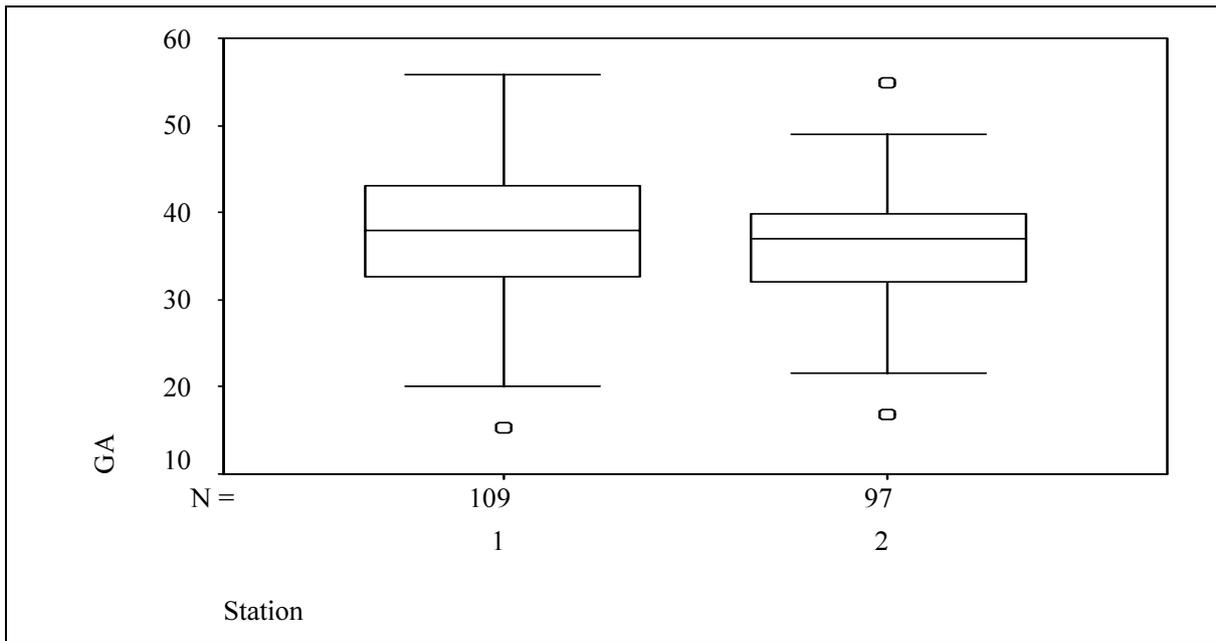
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	4,24	0,76	4,03	4,36	4,70		
2	4,70	0,45	4,39	4,75	5,02	p<0,001	

Abb. 73: Einfluss der Station auf G_0



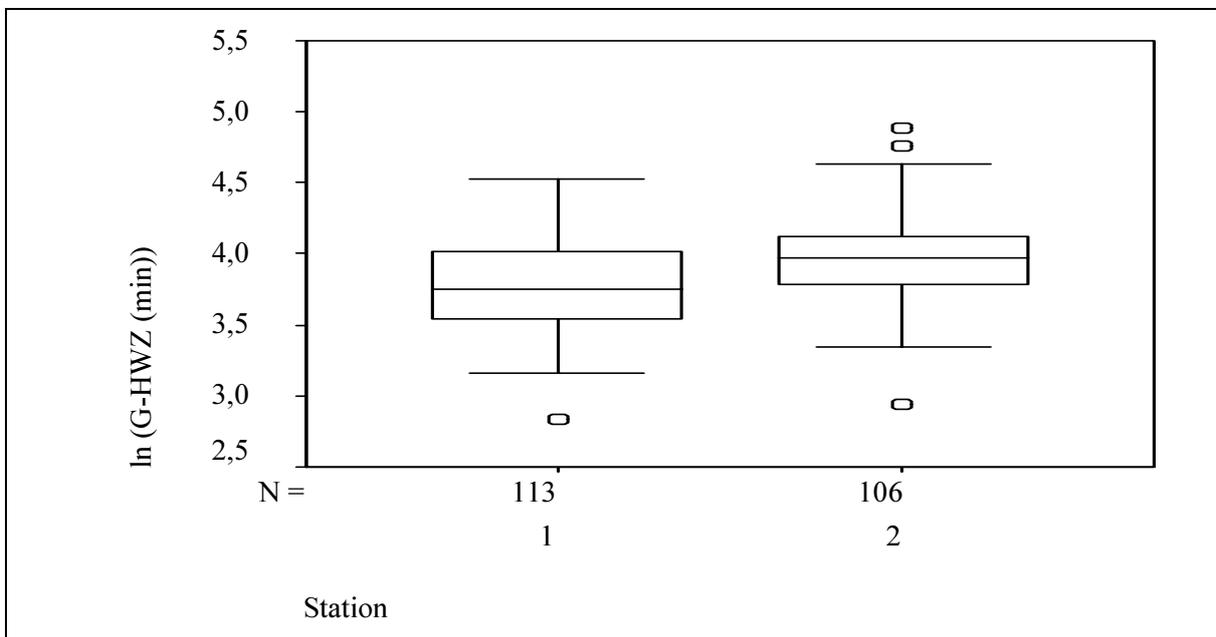
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	9,23	1,38	8,33	8,94	9,89		
2	8,79	1,66	7,74	8,35	9,48	p<0,05	

Abb. 74: Einfluss der Station auf G_{MAX}



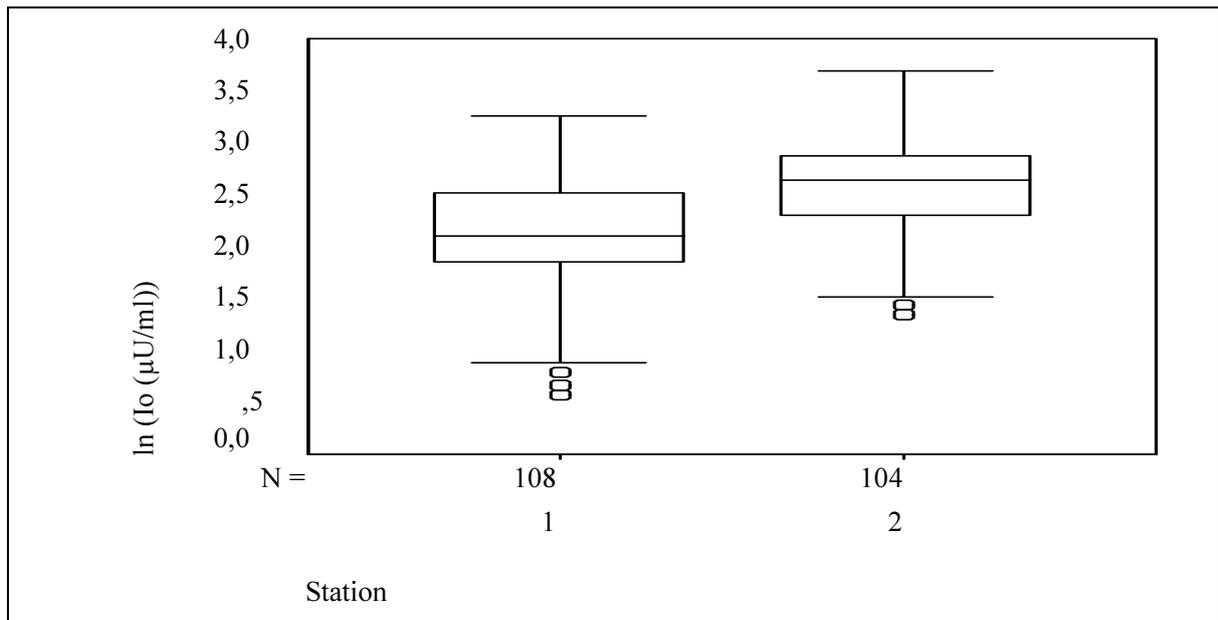
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	37,76	7,93	32,57	37,91	43,57		
2	36,00	6,52	32,08	36,92	40,11	n.s.	

Abb. 75: Einfluss der Station auf G_A



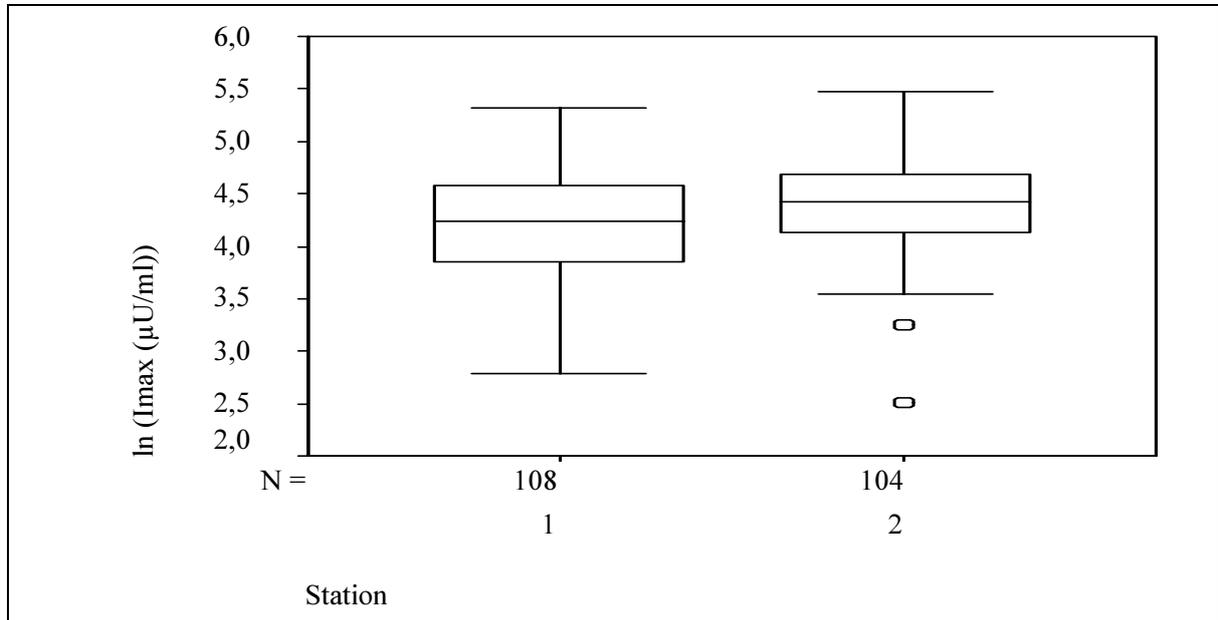
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	3,79	0,32	3,57	3,76	4,03		
2	3,94	0,31	3,78	3,97	4,12	p<0,001	

Abb. 76: Einfluss der Station auf G_{HWZ} (logarithmiert)



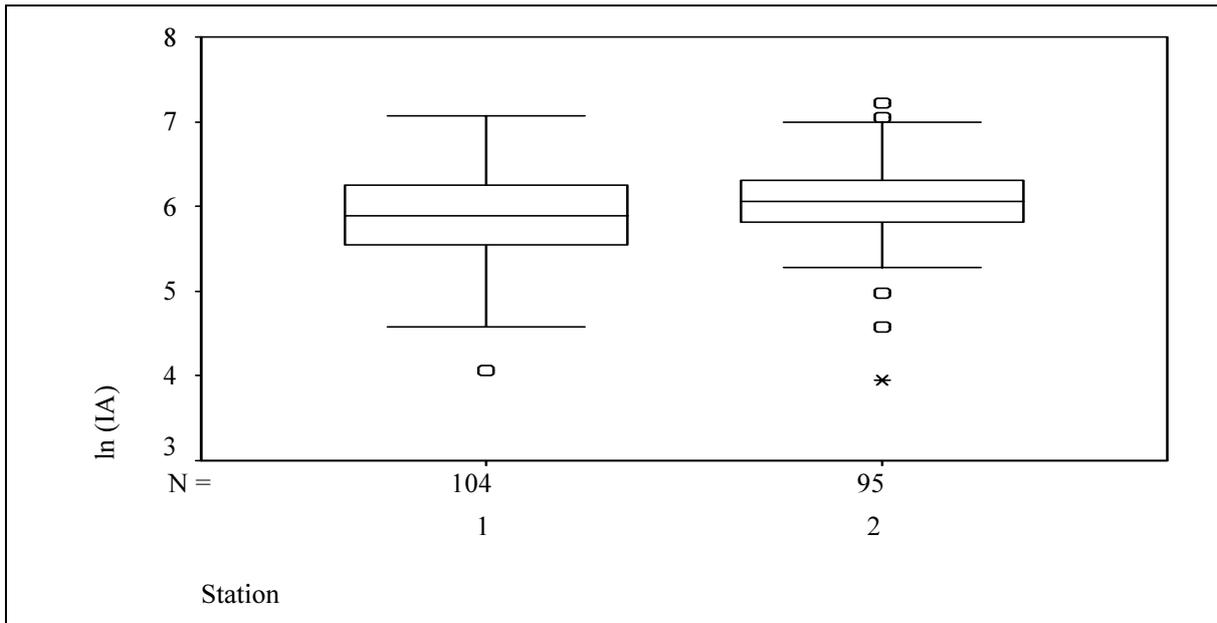
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	2,11	0,51	1,84	2,10	2,52		
2	2,59	0,46	2,25	2,64	2,87	p<0,001	

Abb. 77: Einfluss der Station auf I_0 (logarithmiert)



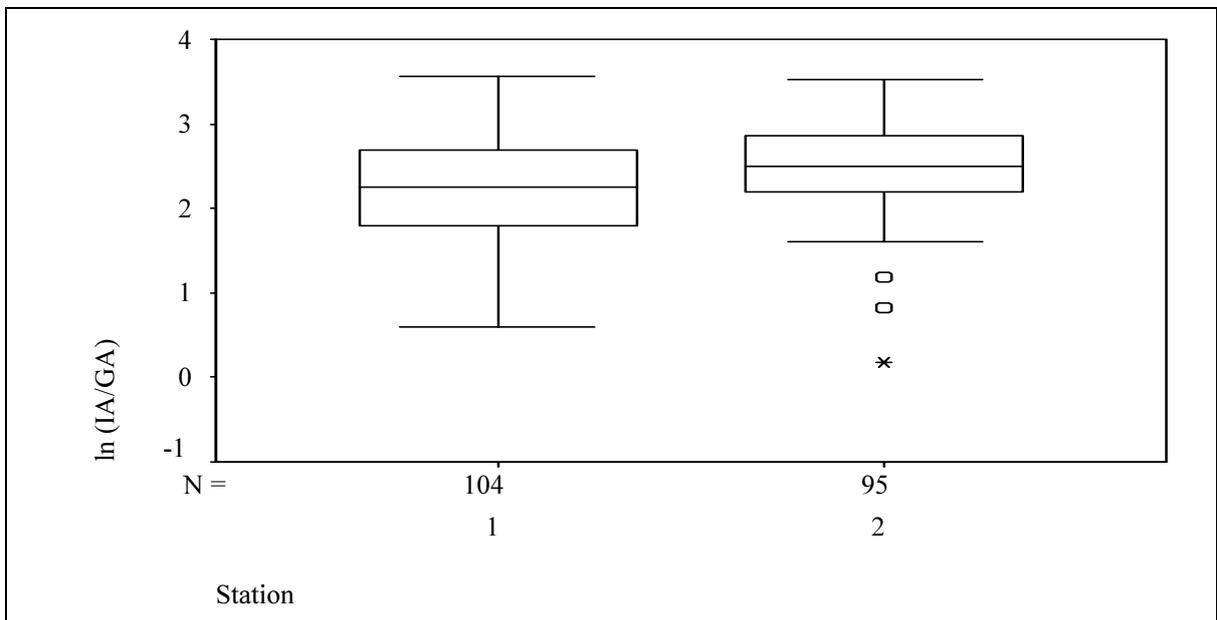
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	4,22	0,54	3,85	4,28	4,65		
2	4,38	0,47	4,11	4,42	4,70	p<0,05	

Abb. 78: Einfluss der Station auf I_{MAX} (logarithmiert)



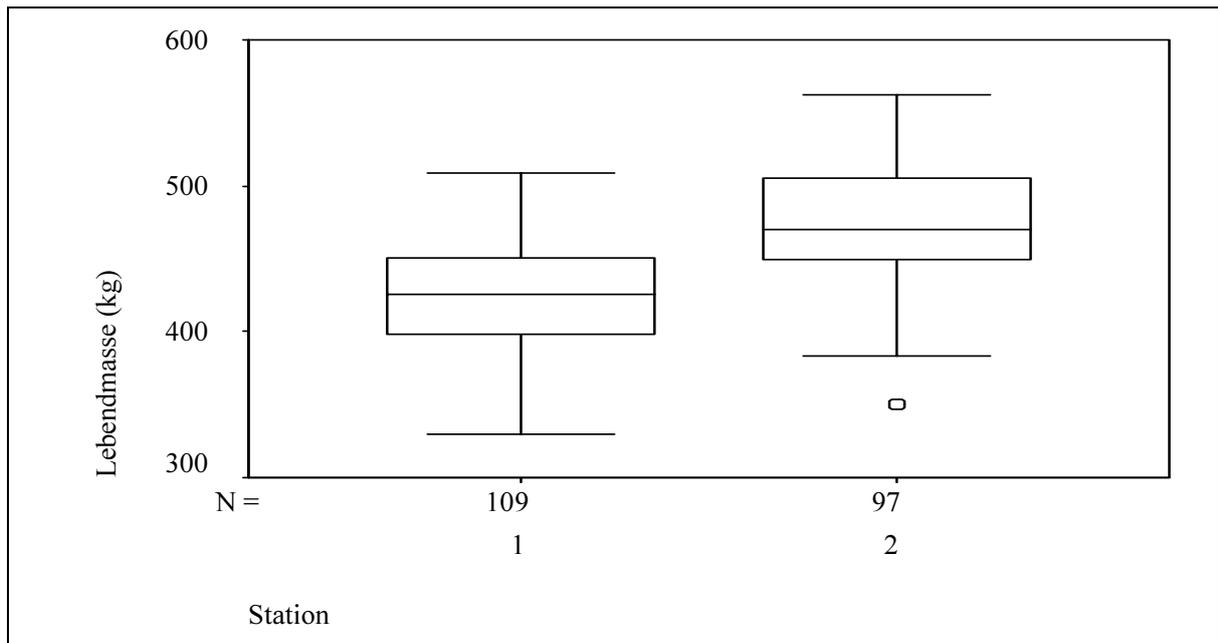
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	5,85	0,50	5,54	5,89	6,26		
2	6,05	0,47	5,82	6,07	6,32	p<0,01	

Abb. 79: Einfluss der Station auf I_A (logarithmiert)



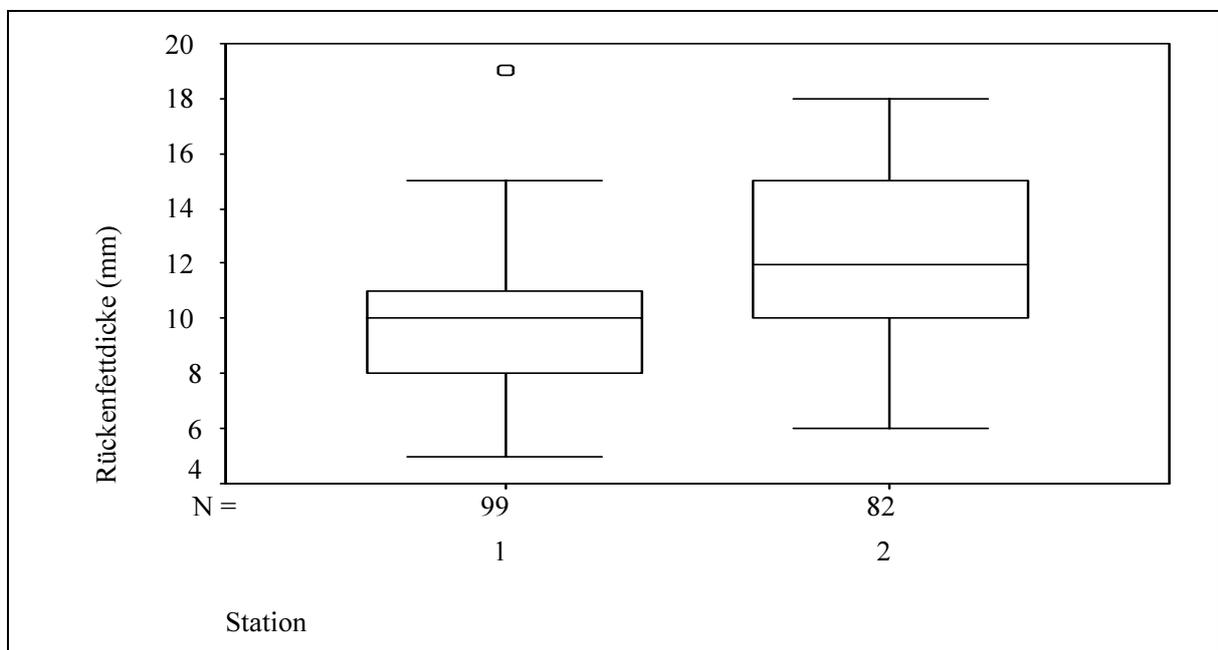
Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	2,24	0,60	1,80	2,25	2,69		
2	2,49	0,54	2,18	2,49	2,86	p<0,01	

Abb. 80: Einfluss der Station auf I_A/G_A (logarithmiert)



Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	424,5	36,3	398	425	450		
2	472,8	42,5	449	470	505	p<0,001	

Abb. 81: Vergleich zwischen der Lebendmasse der Bullen der beiden Stationen



Station	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Station	
						1	2
1	9,89	2,53	8	10	11		
2	11,78	3,04	10	12	15	p<0,001	

Abb. 82: Vergleich zwischen der Rückenfettstärke der Bullen der beiden Stationen

In Tabelle 11 sind noch mal zum besseren Überblick die Mittelwerte aller Testparameter für die jeweilige Station wiedergegeben. Bei den Parametern G_{HWZ} , I_0 , I_{MAX} , I_A und I_A/G_A handelt es sich um die rücktransformierten Werte, was eine Beurteilung erleichtert. Zusätzlich ist in der rechten Spalte die Irrtumswahrscheinlichkeit des Stationsvergleichs angegeben.

Tabelle 11: Mittelwerte der Parameter des ivGTT in den Stationen

Parameter	Station		p
	1	2	
G₀ (mmol/l)	4,24	4,70	<0,001
G_{MAX} (mmol/l)	9,23	8,79	<0,05
G_A	37,76	36,00	n.s.
G_{HWZ} (Min)	44,26	51,42	<0,001
I₀ (μU/ml)	8,25	13,33	<0,001
I_{MAX} (μU/ml)	68,03	79,84	<0,05
I_A	347,23	424,11	<0,01
I_A/G_A	9,39	12,06	<0,01

Abgesehen von G_A zeigen alle Parameter des ivGTT deutliche Unterschiede zwischen den Stationen. Ebenfalls auffällig ist, dass die Tiere der Station 2 besser konditioniert sind. Sowohl das Gewicht als auch die Rückenfettdicke der Bullen der Station 2 sind im Vergleich zur Station 1 signifikant höher. Dies war der Grund den Einfluss dieser beiden Faktoren auf die Stationsunterschiede zu untersuchen.

Obwohl innerhalb eines Lebensmonats kaum ein Einfluss seitens Lebendmasse oder der Rückenfettdicke auf die Testparameter festgestellt werden konnte, wurde hier eine kovariante Varianzanalyse durchgeführt. Die Signifikanzen sind der Tabelle 12 zu entnehmen. G_A ist in der Tabelle nicht angegeben, denn hier ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Stationen festgestellt worden.

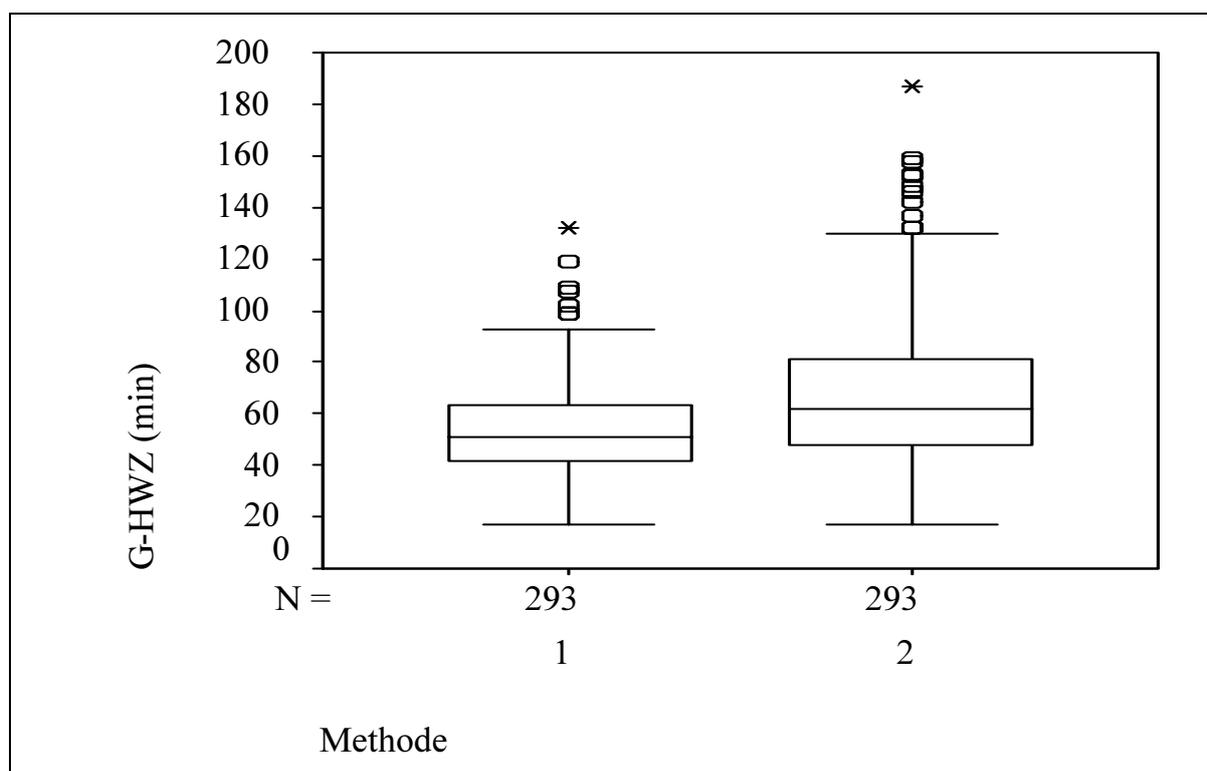
Table 12: Ergebnisse der kovariaten Varianzanalyse

<i>Parameter</i>	<i>Lebendmasse</i>	<i>RFD</i>
	<i>p</i>	<i>p</i>
G_0 (mmol/l)	0,139	0,174
G_{MAX} (mmol/l)	0,464	0,030
G_{HWZ} (Min)	0,088	0,345
I_0 (μ U/ml)	0,209	0,192
I_{MAX} (μ U/ml)	0,254	0,478
I_A	0,507	0,404
I_A/G_A	0,350	0,708

Die Lebendmasse und die Rückenfettdicke zeigen keinen bedeutenden Einfluss auf die Stationsunterschiede. Nur für die maximale Glukosekonzentration ist eine statistisch nachweisbare Auswirkung der Rückenfettdicke auf den Stationsunterschied ermittelt worden. Für die anderen Parameter konnte kein signifikanter Einfluss festgestellt werden.

4.6 Vergleich der Methoden zur Berechnung der Glukosehalbwertszeit

Bei der Betrachtung der beiden Methoden fällt auf, dass die Werte für die G_{HWZ1} deutlich unter den G_{HWZ2} -Werten liegen (Abb. 83).



Methode	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Methode	
						1	2
1	53,63	17,55	41,47	51,34	63,27		
2	67,60	28,37	48,02	61,95	80,97	<0,001	

Abb. 83: Vergleich zwischen G_{HWZ1} und G_{HWZ2}

Um die Beziehung zwischen G_{HWZ1} und G_{HWZ2} zu beurteilen, wurden die einzelnen Messwerte in ein Streudiagramm eingetragen und anschließend einer Regressionsanalyse unterzogen sowie der Korrelationsquotient berechnet (Abb. 84). Jedes Tier ist in der Auswertung jeweils nur einmal vertreten.

Auch in dieser Darstellung ist die Differenz der beiden Methoden gut zu erkennen. Die Regressionsgerade weicht von der 45°Geraden nach oben ab.

Außerdem auffällig ist, dass die Streuung der Einzelwerte mit steigender Glukosehalbwertszeit zunimmt.

Die Regressionsgerade wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$G_{HWZ2} = -7,33 + 1,40 \times G_{HWZ1}. \text{ Das } R^2 \text{ betragt } 0,747.$$

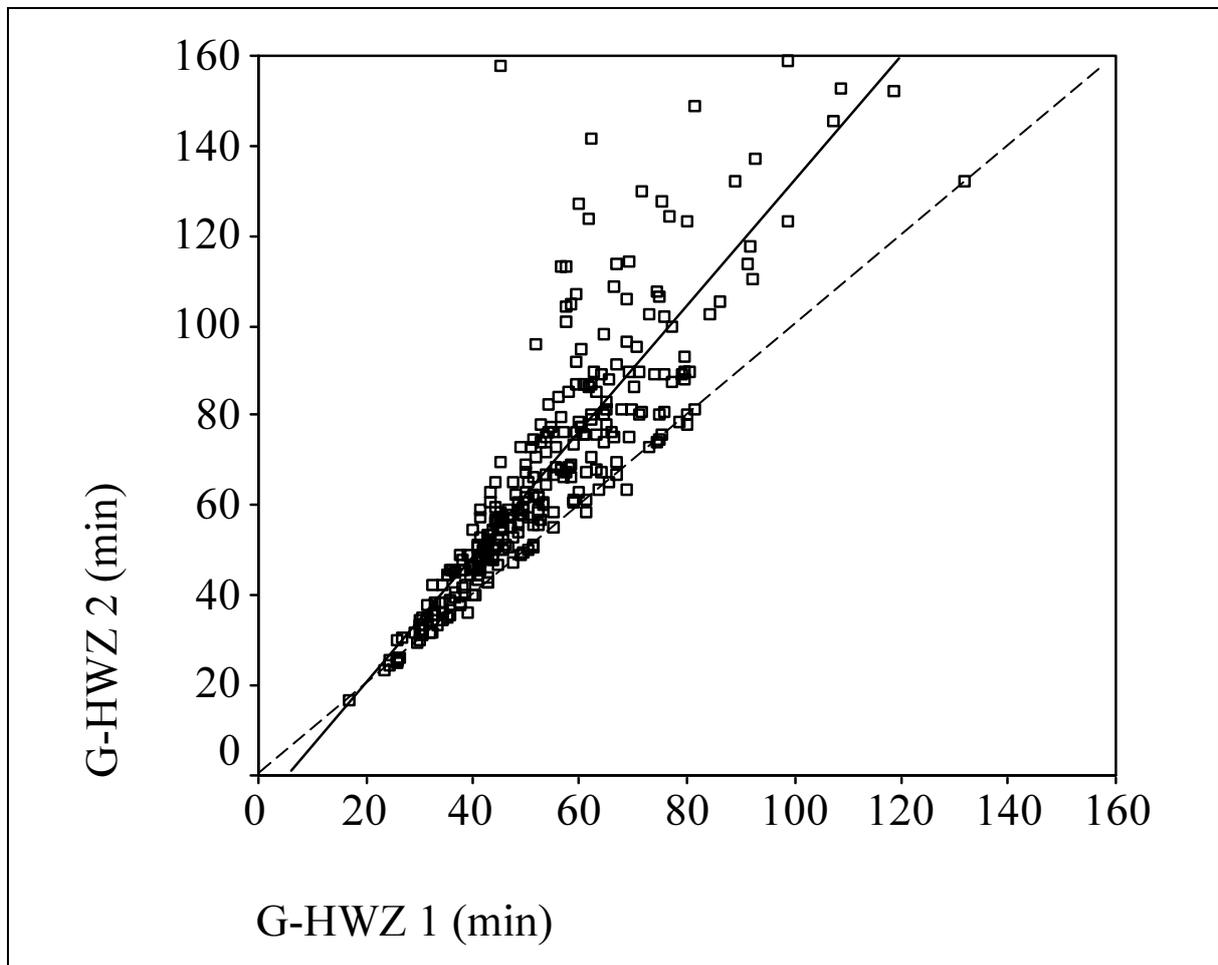


Abb. 84: Beziehung zwischen G_{HWZ1} und G_{HWZ2} . $N = 293$, $r = 0,864$; $p < 0,001$

————— Regressionsgerade

----- 45°Gerade

4.7 Ermittlung des optimalen Probenentnahmezeitpunktes zur Beurteilung der Insulinreaktion

Zwischen den Parametern I_{MAX} , I_A und I_A/I_G besteht eine sehr enge Korrelation (Tab. 13). Diese Feststellung ergibt die Möglichkeit, sich bei der Beurteilung der Insulinreaktion auf nur einen der Parameter zu beschränken. Das wäre aus methodischen und ökonomischen Gründen wünschenswert.

Tabelle 13: Beziehung zwischen den Parametern der Insulinreaktion

Parameter	$\ln(I_{MAX})$	$\ln(I_A)$	$\ln(I_A/G_A)$
$\ln(I_{MAX})$ Korrelation nach Pearson (r) Signifikanz (p) N			
$\ln(I_A)$ Korrelation nach Pearson (r) Signifikanz (p) N	0,931 < 0,001 255		
$\ln(I_A/G_A)$ Korrelation nach Pearson (r) Signifikanz (p) N	0,922 < 0,001 255	0,929 < 0,001 255	

Als ein geeigneter Parameter bietet sich I_{MAX} an, da für dessen Bestimmung neben dem Basalwert nur eine einzige Blutprobenmessung notwendig ist. Allerdings kann sich I_{MAX} im Unterschied zu G_{MAX} auf verschiedene Probenentnahmezeitpunkte verteilen. Aus diesem Grund ist es sinnvoller den Entnahmezeitpunkt zu wählen, auf den I_{MAX} am häufigsten fällt, vorausgesetzt, die Beziehung zwischen diesem Entnahmezeitpunkt und den Parametern der Insulinreaktion ist auch hochsignifikant. Tabelle 14 zeigt die Verteilung von I_{MAX} auf die einzelnen Probenentnahmezeitpunkte. Daraus ist ersichtlich, dass in der überwiegenden Anzahl der Fälle I_{MAX} bei 14 min post infusionem anzutreffen ist. Die hochsignifikante Beziehung zwischen $I_{14}-I_0$ und I_A (Tab. 15) spricht ebenfalls für die Eignung dieses Probenentnahmezeitpunktes als Parameter zur Beurteilung der Insulinreaktion. Bemerkenswert ist, dass zwischen I_A und den Insulinmesswerten auch ohne den Abzug von I_0 eine sehr gute Korrelation besteht (Tab. 16).

Tabelle 14: Verteilung von I_{MAX} auf die Probenentnahmezeitpunkte

Entnahmezeitpunkt (Min)	7	14	21	28	35	42	49	56	63	Ges.
Häufigkeit I_{MAX}	21	164	45	10	8	3	1	0	3	255
%	7,2	56,4	15,5	3,4	2,7	1,0	0,3	0,0	1,0	100

Tabelle 15: Beziehung zwischen IA und den Insulinmesswerten in den einzelnen Probenentnahmezeitpunkten abzüglich I_0

Entnahme- Zeitpunkt (Min)	7	14	21	28	35	42	49	56	63
r	0,834	0,915	0,914	0,935	0,918	0,900	0,778	0,694	0,532
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabelle 16: Beziehung zwischen IA und den Insulinmesswerten in den einzelnen Probenentnahmezeitpunkten

Entnahme- Zeitpunkt (Min)	7	14	21	28	35	42	49	56	63
r	0,839	0,916	0,918	0,928	0,907	0,883	0,796	0,732	0,605
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

4.8 Überprüfung der Wiederholbarkeit

4.8.1 Kurzfristige Wiederholbarkeit

Bei Tieren an denen aufgrund einer ungewöhnlichen Glukosereaktion der ivGTT 1 bis 3 Wochen später wiederholt wurde, bot sich die Zweituntersuchung auch zur Überprüfung der kurzfristigen Wiederholbarkeit für alle Testparameter an. Insgesamt standen dafür 20 Bullen zur Verfügung.

Die Ergebnisse können aber nur bedingt bewertet werden, da es sich bei den Probanden um Ausreißer handelt. Eine andere Testreaktion bei der Nachuntersuchung wäre somit zu erwarten.

Basale Glukosekonzentration (Abb. 85, 86)

Zwischen den basalen Glukosekonzentrationen der ersten und der zweiten Untersuchung konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Bei der Betrachtung des Streudiagramms fällt auf, dass bis auf 5 alle Werte relativ eng an der Trendlinie liegen. Durch die starke Abweichung der einzelnen Werte wird der Nachweis einer signifikanten Beziehung verhindert.

Zwischen den beiden Untersuchungen wurde bezüglich der basalen Glukosekonzentration kein signifikanter Unterschied festgestellt.

Maximale Glukosekonzentration (Abb. 87, 88)

Für die maximale Glukosekonzentration konnte keine signifikante Korrelation zwischen den Untersuchungen festgestellt werden. Im Diagramm streuen die Werte deutlich mehr als bei der basalen Glukosekonzentration.

Die Differenz zwischen den beiden Untersuchungen war nicht signifikant.

Glukoseflächenäquivalent (Abb. 89, 90)

Bei der Betrachtung der Werte im Streudiagramm fiel eine deutliche lineare Beziehung auf, nur drei Einzelwerte lagen weit abseits und verfälschten dadurch bei der Berechnung der Korrelation das Gesamtergebnis. Da die Beziehung so deutlich sichtbar war, und es sich nur um drei Ausreißer handelte, wurden die drei Werte aus der Berechnung ausgeschlossen. Zwischen den beiden Untersuchungen konnte auch für G_A kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Glukosehalbwertszeit (Abb. 91, 92)

Zwischen den G_{HWZ} -Werten der ersten und der zweiten Untersuchung wurde eine signifikante Korrelation ermittelt. Bei der zweiten Untersuchung war die Glukosehalbwertszeit signifikant kürzer als bei der ersten.

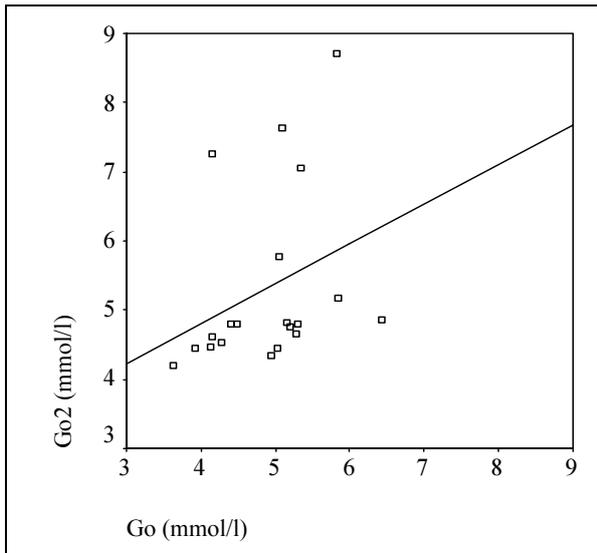


Abb. 85:

Beziehung zwischen G_0 der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 20, r = 0,324, p = 0,164$

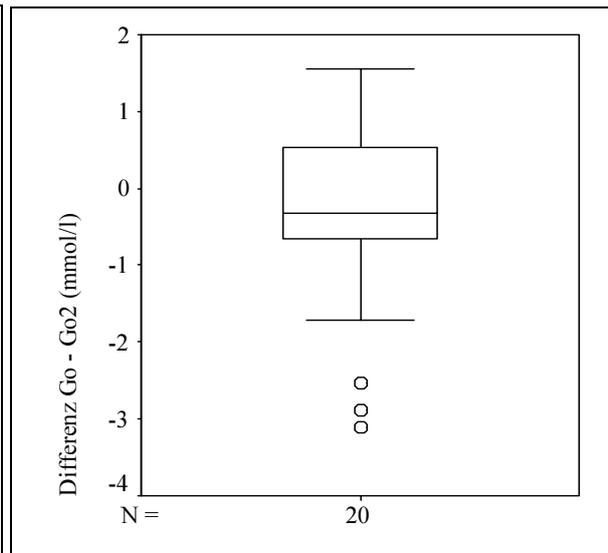


Abb. 86:

Differenz zwischen G_0 der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -0,66, x_{0,50} = -0,33, x_{0,75} = 0,54$

$\bar{x} = -0,43, s = 1,26, p = 0,142$

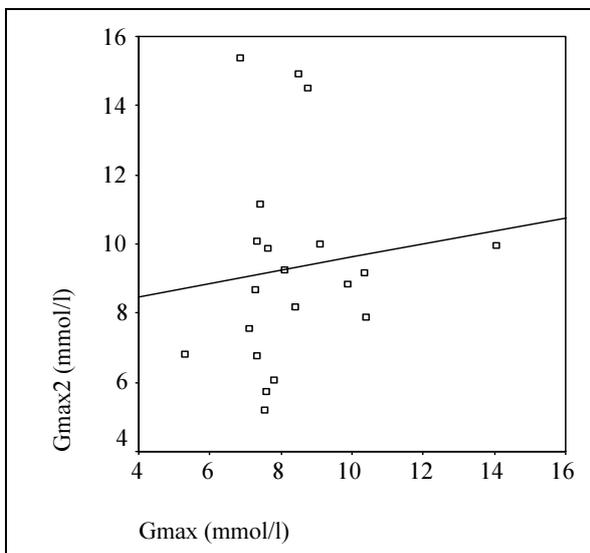


Abb. 87:

Beziehung zwischen G_{MAX} der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 20, r = 0,119, p = 0,616$

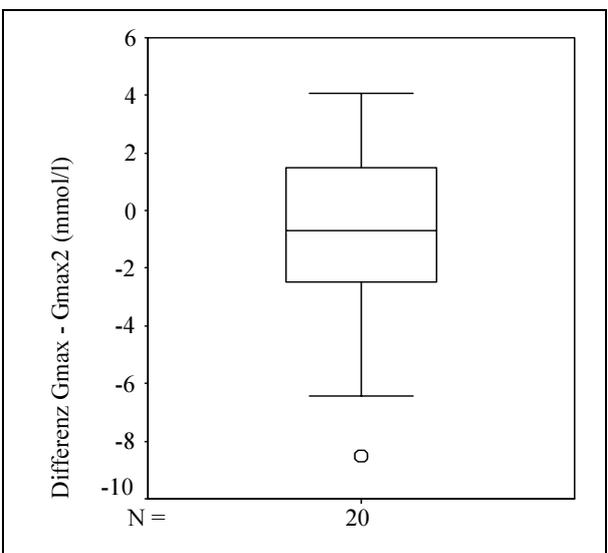


Abb. 88:

Differenz zwischen G_{MAX} der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -2,50, x_{0,50} = -0,67, x_{0,75} = 1,47$

$\bar{x} = -0,97, s = 3,24, p = 0,197$

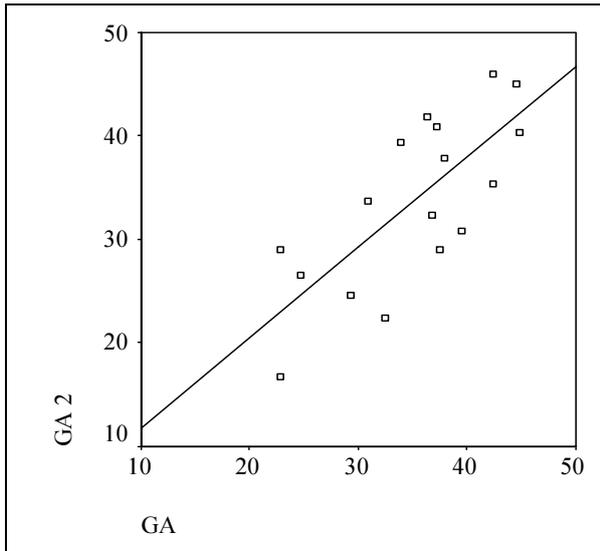


Abb. 89:

Beziehung zwischen G_A der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 17, r = 0,747, p < 0,01$

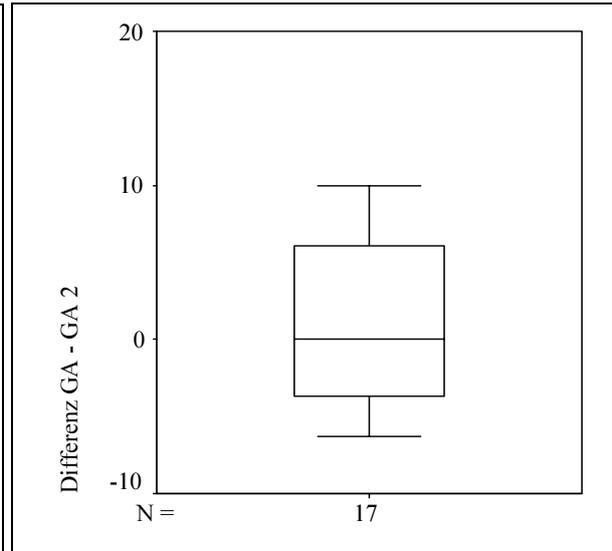


Abb. 90:

Differenz zwischen G_A der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -3,64, x_{0,50} = 0,00, x_{0,75} = 6,05$

$\bar{x} = 1,39, s = 5,57, p = 0,318$

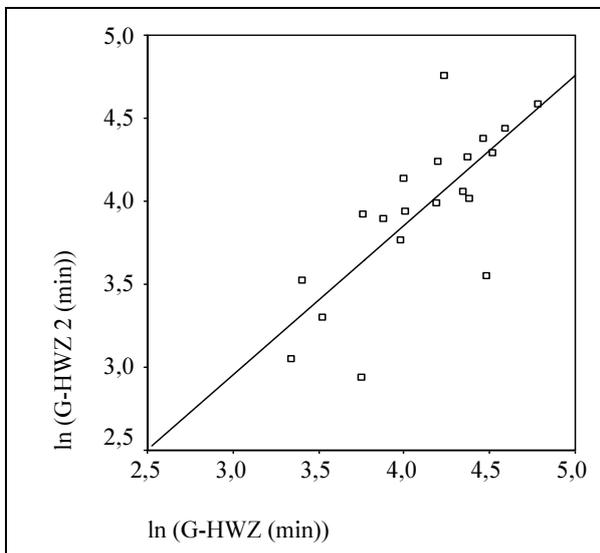


Abb. 91:

Beziehung zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 20, r = 0,756, p < 0,001$

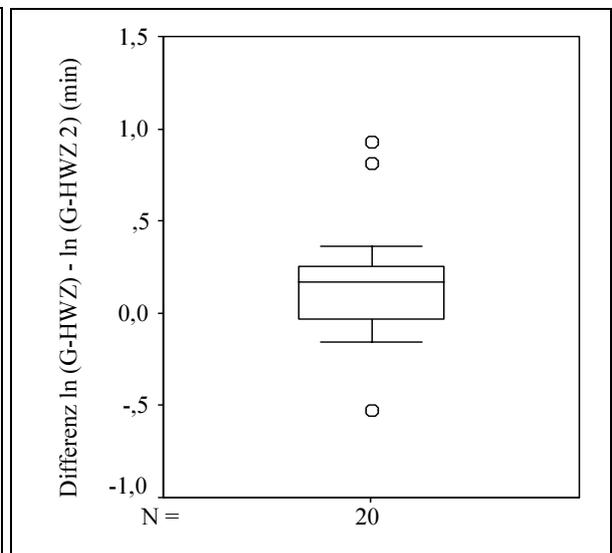


Abb. 92:

Differenz zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -0,03, x_{0,50} = 0,17, x_{0,75} = 0,26$

$\bar{x} = 0,16, s = 0,32, p < 0,05$

Basale Insulinkonzentration (Abb. 93, 94)

Die Werte zeigen im Diagramm eine breite Streuung und lassen keine Beziehung zwischen den zwei Messungen erkennen. Erwartungsgemäß konnte keine signifikante Korrelation zwischen den I_0 -Werten der beiden Untersuchungen festgestellt werden.

Die Differenzen zwischen den beiden Tests der einzelnen Bullen weisen ebenfalls eine weite Streuung auf. Zwischen den Mittelwerten der basalen Insulinkonzentrationen der ersten und der zweiten Untersuchung wurde kein signifikanter Unterschied nachgewiesen.

Maximale Insulinkonzentration (Abb. 95, 96)

Zwischen den I_{MAX} -Werten der ersten und der zweiten Untersuchung besteht ein deutlicher linearer Zusammenhang. Die Ergebnisse der zweiten Messung entsprechen aber nicht exakt denen der ersten Messung, sondern sind signifikant niedriger.

Insulinflächenäquivalent (Abb. 97, 98)

Bei der Beurteilung des Insulinflächenäquivalentes wurden nur 19 Tiere in die Bewertung aufgenommen. Ein Bulle hatte bei einer der Untersuchungen einen negativen I_A -Wert und wurde deshalb aus der Berechnung ausgeschlossen.

Die Messwerte aus den beiden Untersuchungen korrelieren miteinander hochsignifikant und sind bei der Zweituntersuchung signifikant geringer.

Quotient aus den Flächenäquivalenten (99, 100)

Auch bezüglich der kurzfristigen Wiederholbarkeit zeigt der Quotient aus den beiden Flächenäquivalenten ein den anderen Parametern der Insulinantwort sehr ähnliches Bild.

Die Beziehung zwischen den Messwerten der ersten und der zweiten Untersuchung ist hochsignifikant, doch im Gegensatz zu I_{MAX} und I_A wurde keine statistisch erfassbare Differenz zwischen den beiden Untersuchungen nachgewiesen.

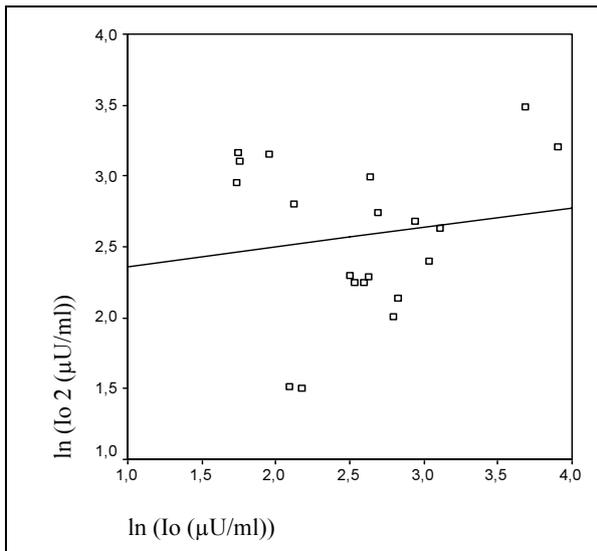


Abb. 93:

Beziehung zwischen I_0 (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 20$, $r = 0,148$, $p = 0,534$

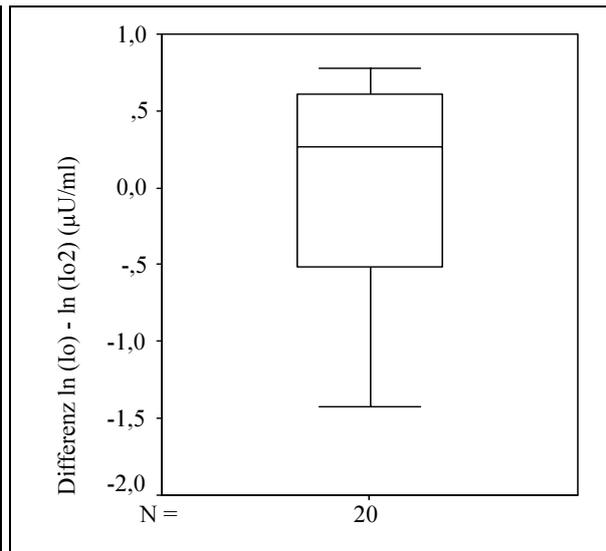


Abb. 94:

Differenz zwischen I_0 (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,52$, $x_{0,50} = 0,27$, $x_{0,75} = 0,61$
 $\bar{x} = 0,01$, $s = 0,75$, $p = 0,977$

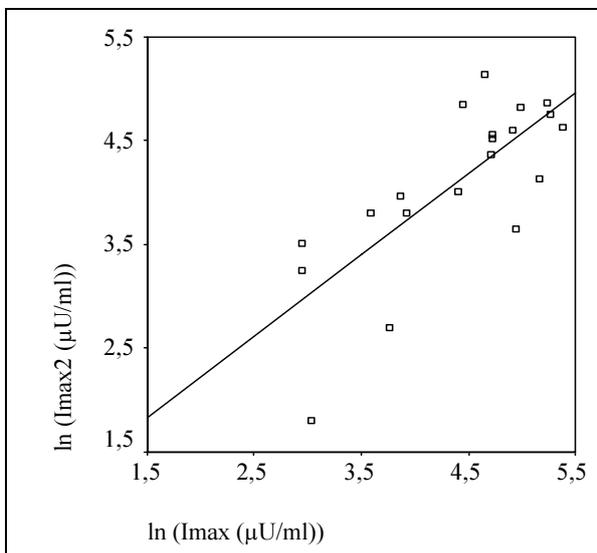


Abb. 95:

Beziehung zwischen I_{MAX} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 20$, $r = 0,758$, $p < 0,001$

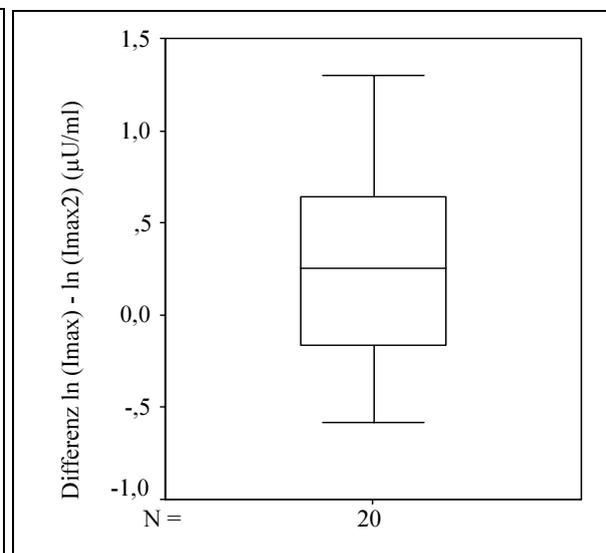


Abb. 96:

Differenz zwischen I_{MAX} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,17$, $x_{0,50} = 0,26$, $x_{0,75} = 0,64$
 $\bar{x} = 0,29$, $s = 0,56$, $p < 0,05$

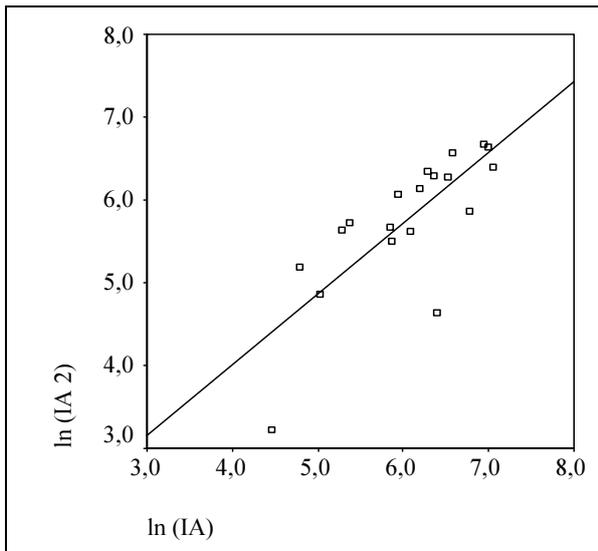


Abb. 97:
Beziehung zwischen I_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 19, r = 0,768, p < 0,001$

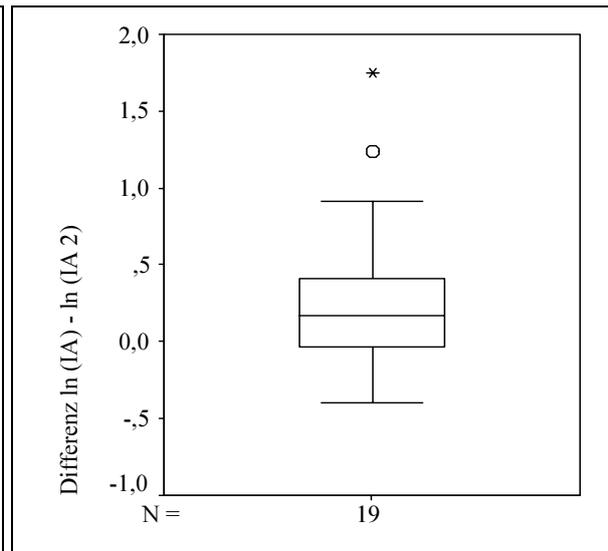


Abb. 98:
*Differenz zwischen I_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,03, x_{0,50} = 0,17, x_{0,75} = 0,42$
 $\bar{x} = 0,29, s = 0,55, p < 0,05$*

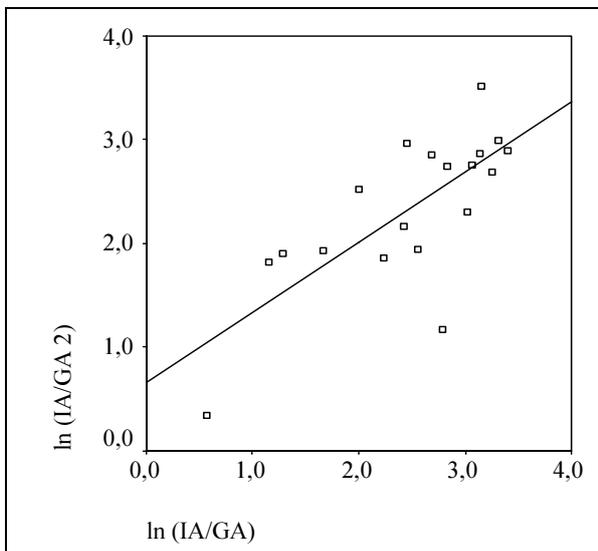


Abb. 99:
Beziehung zwischen I_A/G_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 19, r = 0,734, p < 0,001$

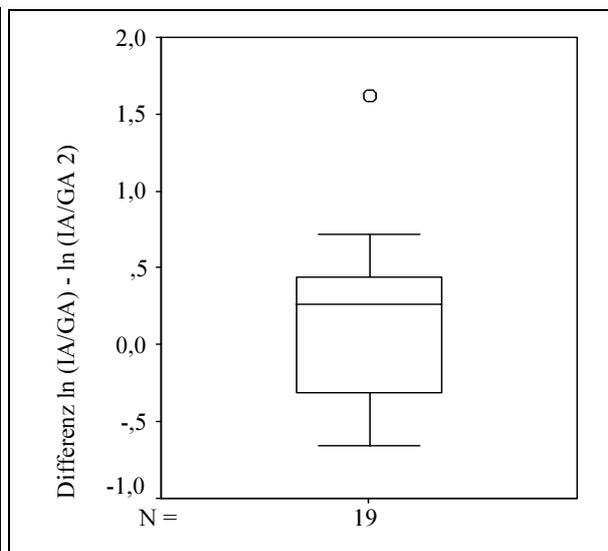


Abb. 100:
*Differenz zwischen I_A/G_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,32, x_{0,50} = 0,26, x_{0,75} = 0,44$
 $\bar{x} = 0,14, s = 0,57, p = 0,288$*

4.8.2 Langfristige Wiederholbarkeit

Die zweite Untersuchung, die der Beurteilung der langfristigen Wiederholung dienen sollte, wurde an 124 Bullen durchgeführt.

Basale Glukosekonzentration (Abb. 101, 102)

Im Streudiagramm stellt sich eine dichte Punktwolke dar, die eine Steigung erkennen lässt. Die Korrelation ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $< 0,001$ hochsignifikant.

Zwischen den beiden Untersuchungen lag im Hinblick auf die basale Glukosekonzentration kein nachweisbarer Unterschied vor.

Maximale Glukosekonzentration (Abb. 103, 104)

Die Streuung der Werte für die maximale Glukosekonzentration ist trotz einer signifikanten Korrelation breit. Die Verteilung ist aber nicht gleichmäßig. Im unteren Bereich der Wolke liegen die Punkte eng beieinander, hier ist auch eine Steigung erkennbar. Weiter oben gabelt sich die Punktwolke auf und die Werte zeigen eine breite Streuung.

Bei der zweiten Untersuchung war die maximale Glukosekonzentration signifikant höher als bei der ersten.

Glukoseflächenäquivalent (Abb. 105, 106)

Zwischen der ersten und der zweiten Untersuchung konnte für das Glukoseflächenäquivalent eine signifikante Beziehung festgestellt werden. Die Punktwolke ist dicht und lässt eine deutliche Steigung erkennen. Die Regressionsgerade wird aber durch einen Punkt, der etwas abseits liegt, von dem Verlauf der Punktwolke leicht abgelenkt.

Der Boxplot zeigt, dass die Differenz zwischen den Ergebnissen der beiden Untersuchungen individuell sehr unterschiedlich ist. Zwischen den Untersuchungen konnte aber kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Glukosehalbwertszeit (Abb. 107, 108)

Auch für die Glukosehalbwertszeit wurde eine signifikante Korrelation zwischen den beiden Untersuchungen festgestellt. Im Streudiagramm liegen alle Punkte ohne größere Abweichungen entlang der Regressionsgeraden.

Bei der zweiten Untersuchung war die durchschnittliche Glukosehalbwertszeit signifikant kürzer als bei der ersten.

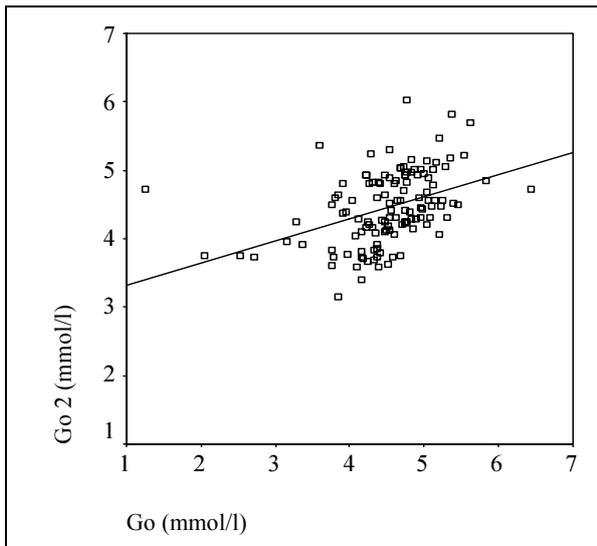


Abb. 101:

Beziehung zwischen G_0 der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 124, r = 0,410, p < 0,001$

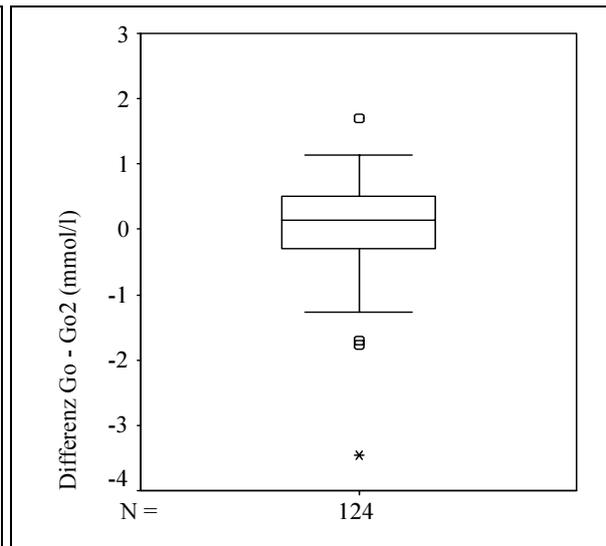


Abb. 102:

Differenz zwischen G_0 der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -0,29, x_{0,50} = -0,15, x_{0,75} = 0,51$

$\bar{x} = -0,06, s = 0,67, p = 0,364$

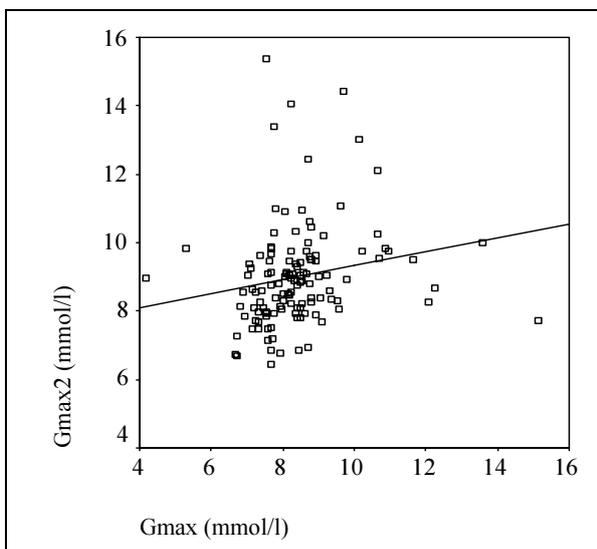


Abb. 103:

Beziehung zwischen G_{MAX} der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 124, r = 0,189, p < 0,05$

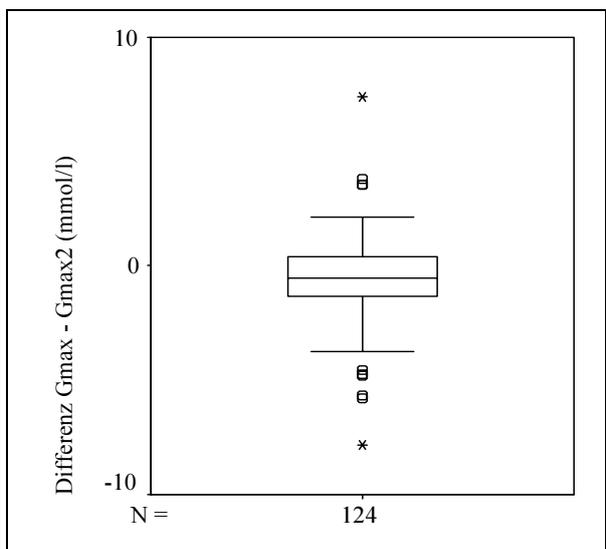


Abb. 104:

Differenz zwischen G_{MAX} der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -1,33, x_{0,50} = -0,54, x_{0,75} = 0,39$

$\bar{x} = -0,59, s = 1,85, p < 0,001$

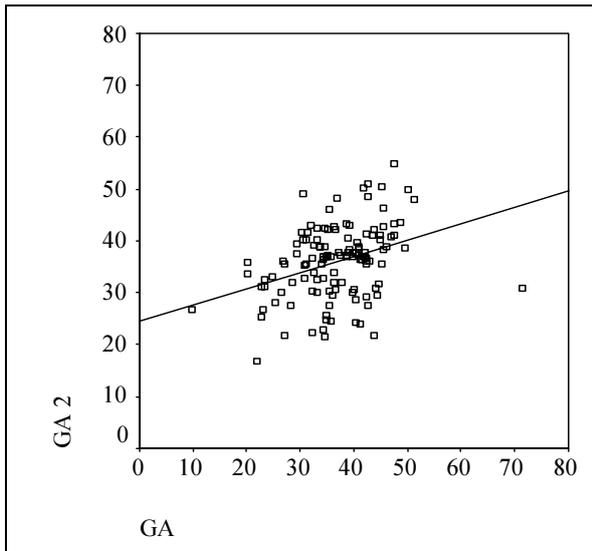


Abb. 105:

Beziehung zwischen G_A der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 124, r = 0,355, p < 0,001$

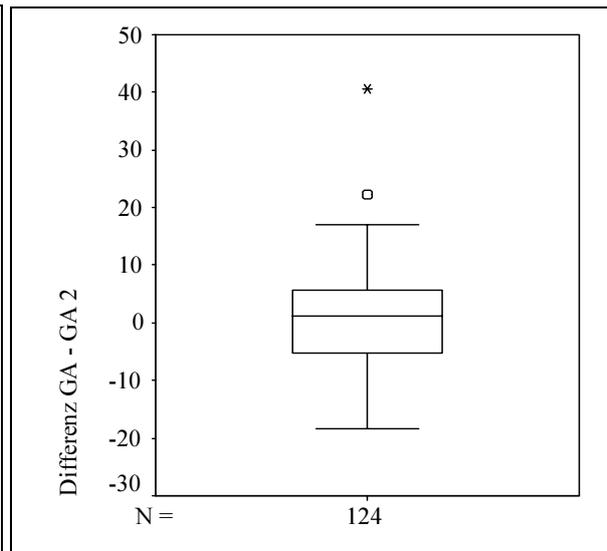


Abb. 106:

Differenz zwischen G_A der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -5,32, x_{0,50} = 1,11, x_{0,75} = 5,64$

$\bar{x} = 0,74, s = 8,58, p = 0,335$

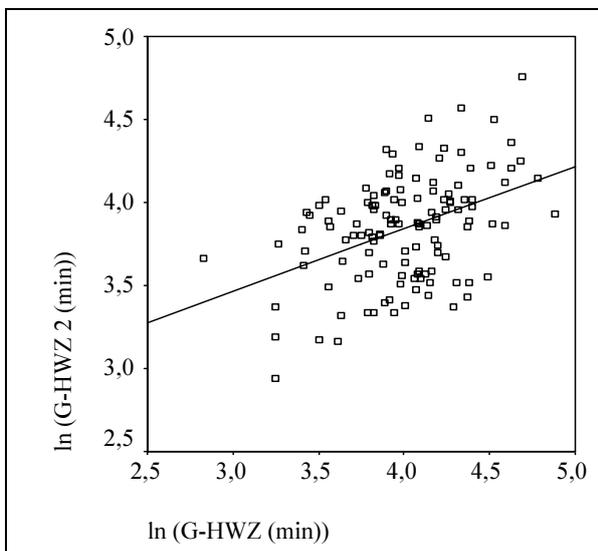


Abb. 107:

Beziehung zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung,

$n = 124, r = 0,424, p < 0,001$

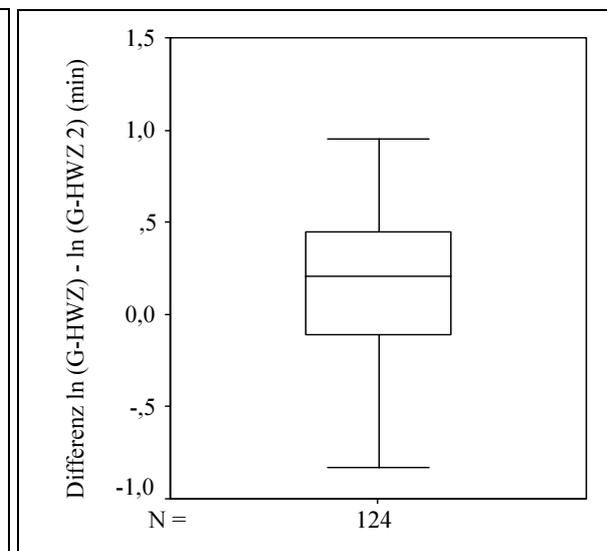


Abb. 108:

Differenz zwischen G_{HWZ} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung,

$x_{0,25} = -0,11, x_{0,50} = 0,21, x_{0,75} = 0,45$

$\bar{x} = 0,16, s = 0,36, p < 0,001$

Von den 124 Tieren an denen die langfristige Wiederholbarkeit des ivGTT getestet wurde, standen zur Beurteilung der Wiederholbarkeit der Insulinparameter nur 122 zur Verfügung. Bei zwei Bullen wurde die Bestimmung der Seruminsulinkonzentration nicht durchgeführt.

Basale Insulinkonzentration (Abb. 109, 110)

Zwischen der basalen Insulinkonzentration der ersten und der zweiten Untersuchung besteht eine signifikante Korrelation. Im Diagramm zeigen die Werte eine breite Streuung, trotzdem ist an der Verteilung der Punkte eine positive Beziehung zwischen den Ergebnissen der beiden Untersuchungen zu erkennen.

Bei der Betrachtung des Boxplots fällt auf, dass die meisten Differenzen zwischen der ersten und der zweiten Untersuchung im positiven Bereich liegen. Der Mittelwert für I_0 ist bei der zweiten Untersuchung signifikant kleiner als bei der ersten.

Maximale Insulinkonzentration, Insulinflächenäquivalent, Quotient aus den Flächenäquivalenten (Abb. 111 bis 116)

Wie schon sehr oft beobachtet, verhalten sich die Parameter der Insulinreaktion auch in Bezug auf die langfristige Wiederholbarkeit sehr ähnlich.

Im Streudiagramm stellt sich bei allen diesen Parametern eine relativ dichte Punktwolke dar, die eine deutliche Steigung erkennen lässt. Die Punkte liegen eng an der Regressionsgeraden. Wie schon durch die visuelle Beurteilung des Diagramms erwartet, lässt sich für alle Parameter der Insulinantwort eine signifikante Korrelation errechnen.

Auch die Boxplots, die eine Differenzenverteilung darstellen, sind für alle drei Parameter fast identisch. Die Mehrzahl der Differenzen liegt im negativen Bereich, was für die höheren Durchschnittswerte bei der zweiten Untersuchung spricht. Dieser Unterschied ist für alle Parameter der Insulinreaktion signifikant.

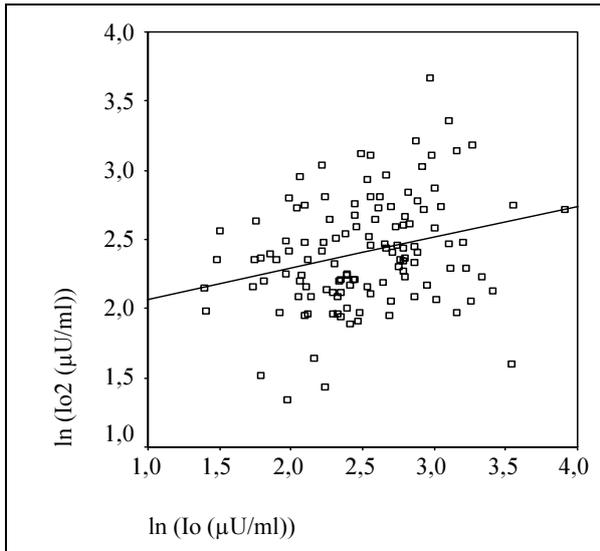


Abb. 109:
Beziehung zwischen I_0 (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 122, r = 0,270, p < 0,01$

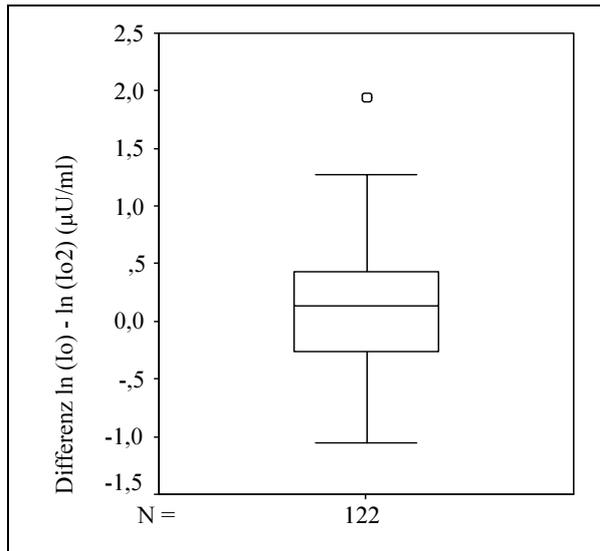


Abb. 110:
*Differenz zwischen I_0 (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,26, x_{0,50} = 0,14, x_{0,75} = 0,43$
 $\bar{x} = 0,10, s = 0,53, p < 0,05$*

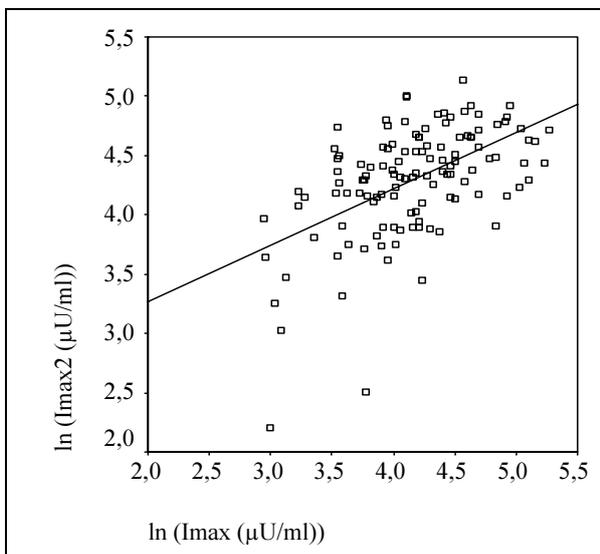


Abb. 111:
Beziehung zwischen I_{MAX} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 122, r = 0,533, p < 0,001$

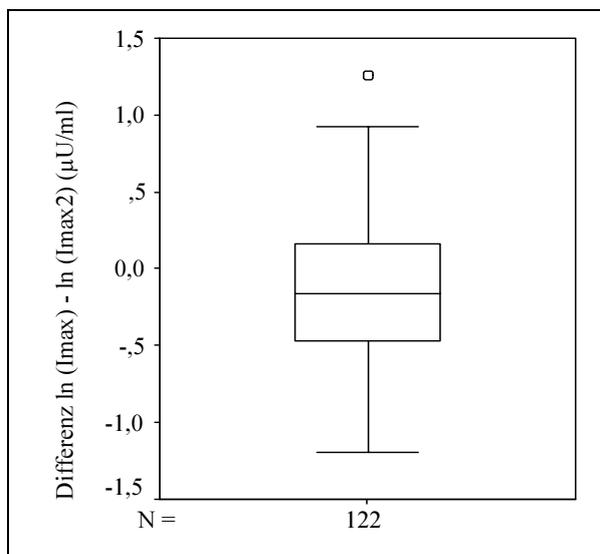


Abb. 112:
*Differenz zwischen I_{MAX} (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,47, x_{0,50} = -0,16, x_{0,75} = 0,16$
 $\bar{x} = -0,14, s = 0,48, p < 0,01$*

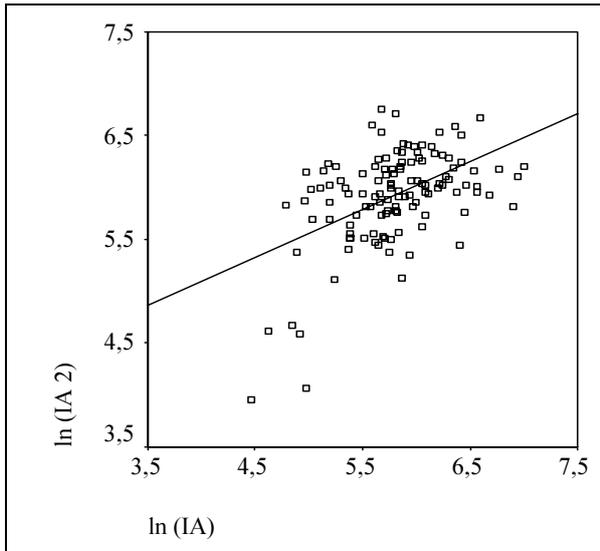


Abb. 113:
Beziehung zwischen I_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 122, r = 0,492, p < 0,001$

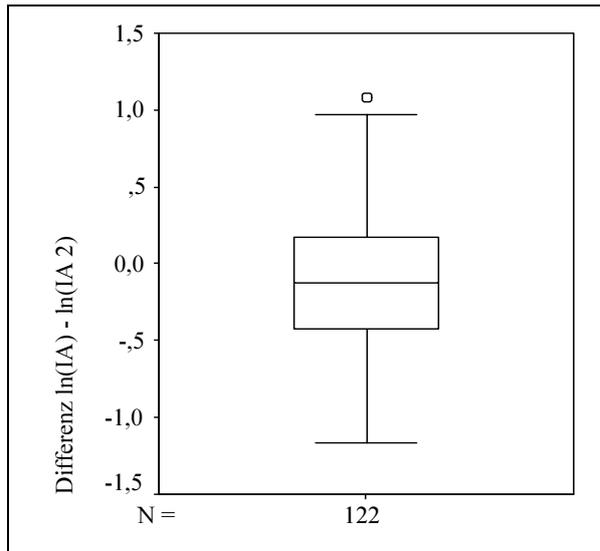


Abb. 114:
*Differenz zwischen I_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,42, x_{0,50} = -0,13, x_{0,75} = 0,17$
 $\bar{x} = -0,13, s = 0,48, p < 0,01$*

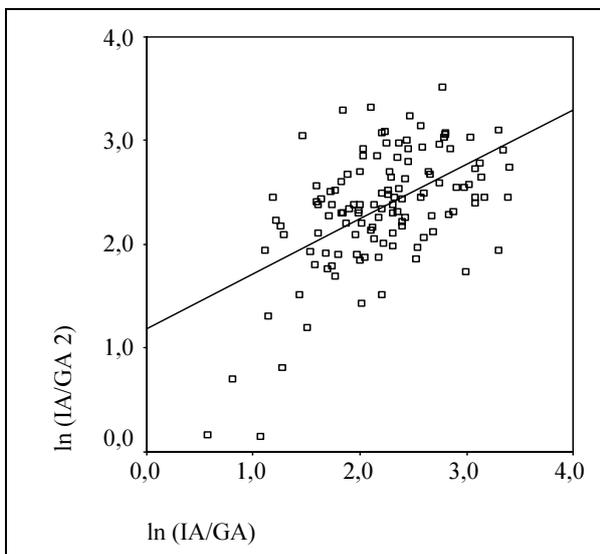


Abb. 115:
Beziehung zwischen I_A/G_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $n = 122, r = 0,539, p < 0,001$

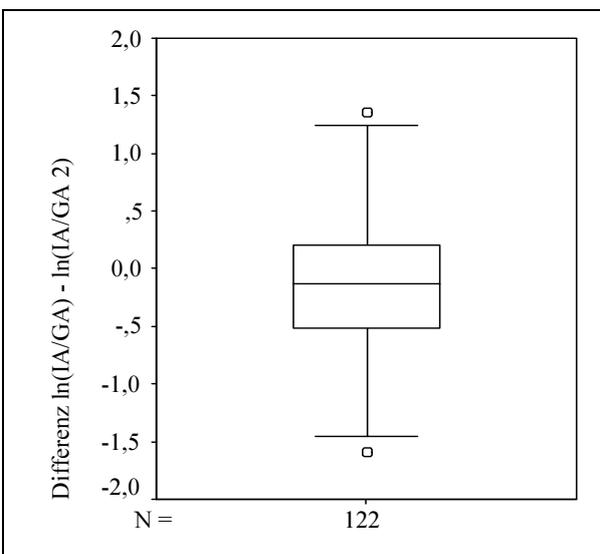


Abb. 116:
*Differenz zwischen I_A/G_A (logarithmiert) der ersten und der zweiten Untersuchung, $x_{0,25} = -0,51, x_{0,50} = -0,14, x_{0,75} = 0,21$
 $\bar{x} = -0,15, s = 0,55, p < 0,01$*

4.9 Nachuntersuchung der Ausreißer

Einige der untersuchten Bullen zeigten ein vom Durchschnitt (Abb. 117) stark abweichendes Verhalten im ivGTT. Es gab Tiere, die auf die Glukosegabe mit einer starken Insulinausschüttung reagierten und damit eine stark verkürzte Glukosehalbwertszeit aufwiesen (Abb. 118). Die anderen zeigten eine sehr schwache Insulinantwort und dementsprechend eine lange Glukosehalbwertszeit (Abb. 119). Die dritte Abweichung war eine pendelnde Insulinausschüttung mit mehreren Insulinpeaks und demzufolge einem undulierenden Verlauf der Glukosekurve (Abb. 120).

Um festzustellen, ob es sich bei solchen Testreaktionen um einmalige Abweichungen durch unbekannte Einflussfaktore wie übermäßigen Stress oder latente Krankheiten bzw. um methodische Fehler handelt oder ob tatsächlich Tiere mit solchen Stoffwechselbesonderheiten existieren, wurden diese Bullen, sobald die Messergebnisse vorlagen, wiederholt getestet. Die Zweituntersuchung erfolgte 1 bis 3 Wochen nach dem Test. Da die planmäßige Nachuntersuchung 2 bis 3 Monate nach der Erstuntersuchung stattfand, wurden viele Ausreißer insgesamt 3 mal getestet.

Als Indikator für die Reaktion im ivGTT wurde die Glukosehalbwertszeit gewählt, den Verlauf der Glukosekurve beschreibt der Korrelationsquotient (r).

Im Streudiagramm ist eine breitere Streuung der G_{HWZ} -Werte der Zweituntersuchung im Vergleich zur Erstuntersuchung auffällig (Abb. 121). Bei den Ausreißern nach unten liegt aber die Großzahl der Werte der zweiten Untersuchung unter dem Gesamtmittelwert (53,6 min), während die Ausreißer nach oben auch bei der Nachuntersuchung zumeist über dem Mittelwert liegen.

Noch deutlicher stellt sich das im Boxplot-Diagramm dar (Abb. 122, 123). Zwar sind bei den Bullen mit sehr kurzer Glukosehalbwertszeit der Erstuntersuchung die Werte der zweiten Untersuchung signifikant höher, das 75%-Perzentil der Nachuntersuchungswerte liegt aber mit 48,4 Minuten noch deutlich unter dem Gesamtmittelwert (Abb. 122).

Die Tiere mit außergewöhnlich langer Glukosehalbwertszeit der Erstuntersuchung zeigen bei der Nachuntersuchung signifikant niedrigere Werte, doch auch hier liegt das 25%-Perzentil der Werte aus der zweiten Untersuchung mit 49,1 Minuten nur leicht unter dem Gesamtmittelwert. Damit sind auch die meisten G_{HWZ} -Werte der Nachuntersuchung überdurchschnittlich hoch (Abb. 123).

Die breitere Streuung der Messwerte der zweiten Untersuchung ist auch im Boxplot-Diagramm deutlich erkennbar.

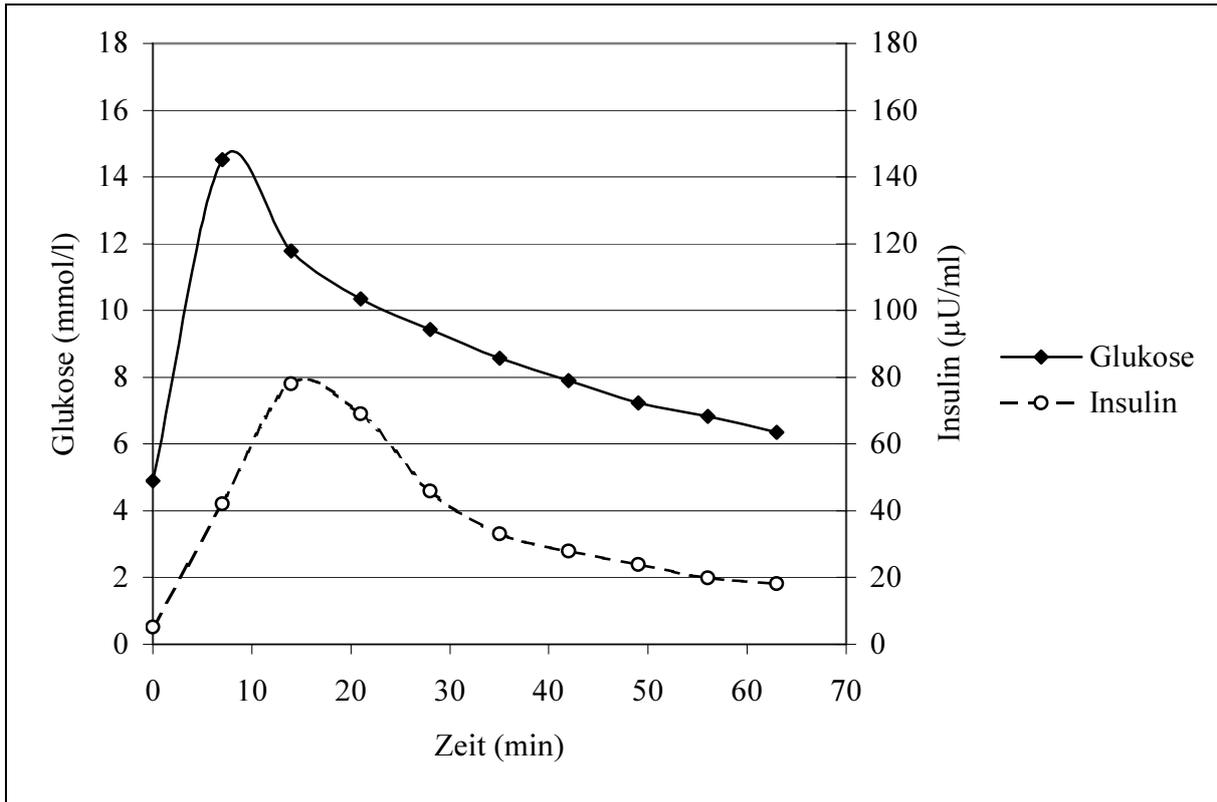


Abb. 117: Ein Beispiel für die normale Reaktion im ivGTT. $G_{HWZ} = 49,2$, $r = -1,0$

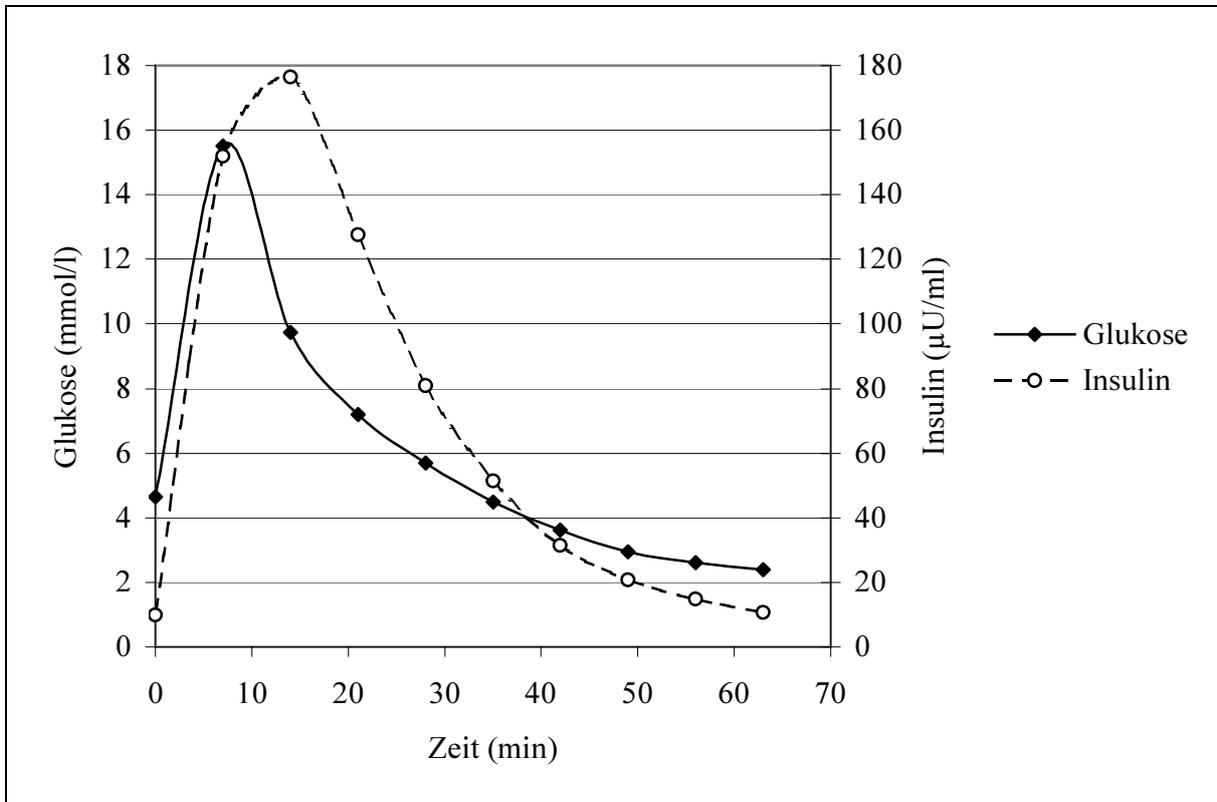


Abb. 118: Ein Beispiel für die überschüssige Insulinreaktion im ivGTT. $G_{HWZ} = 19,8$, $r = -1,0$

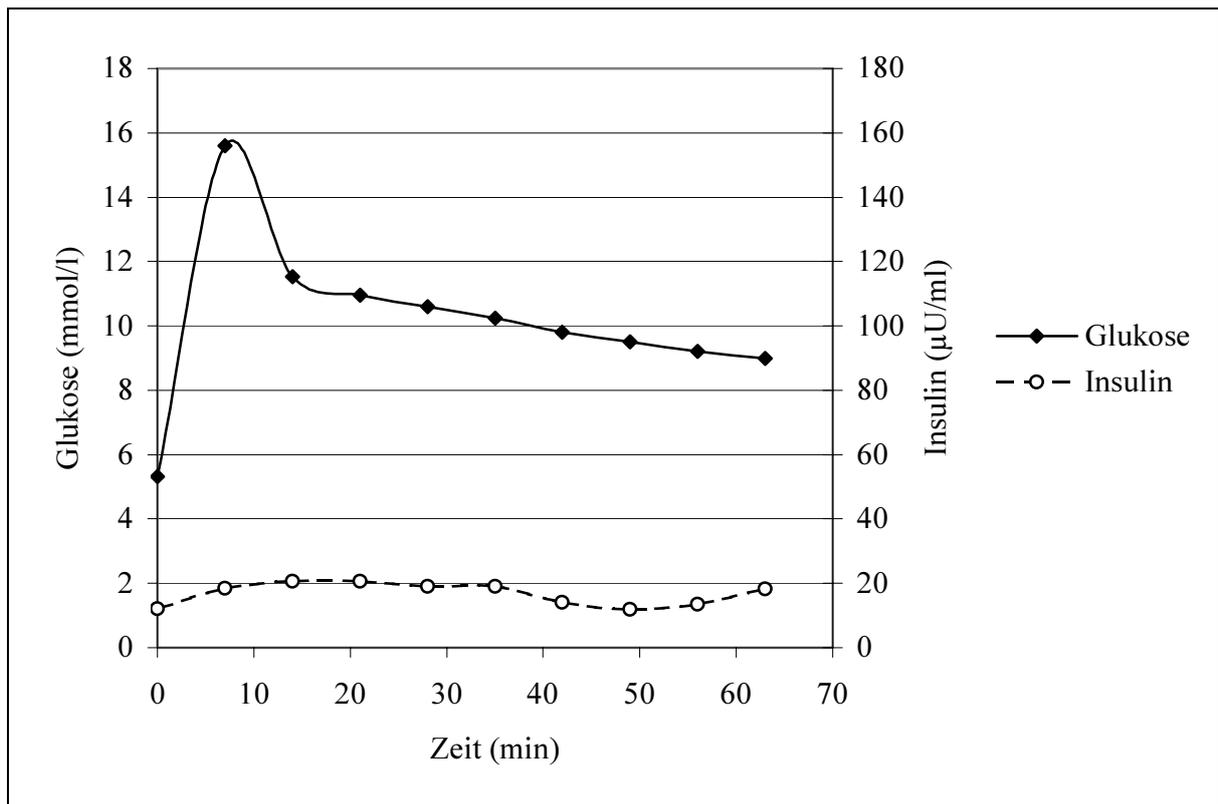


Abb. 119: Ein Beispiel für die schwache Insulinreaktion im ivGTT. $G_{HWZ} = 123,2$, $r = -1,0$

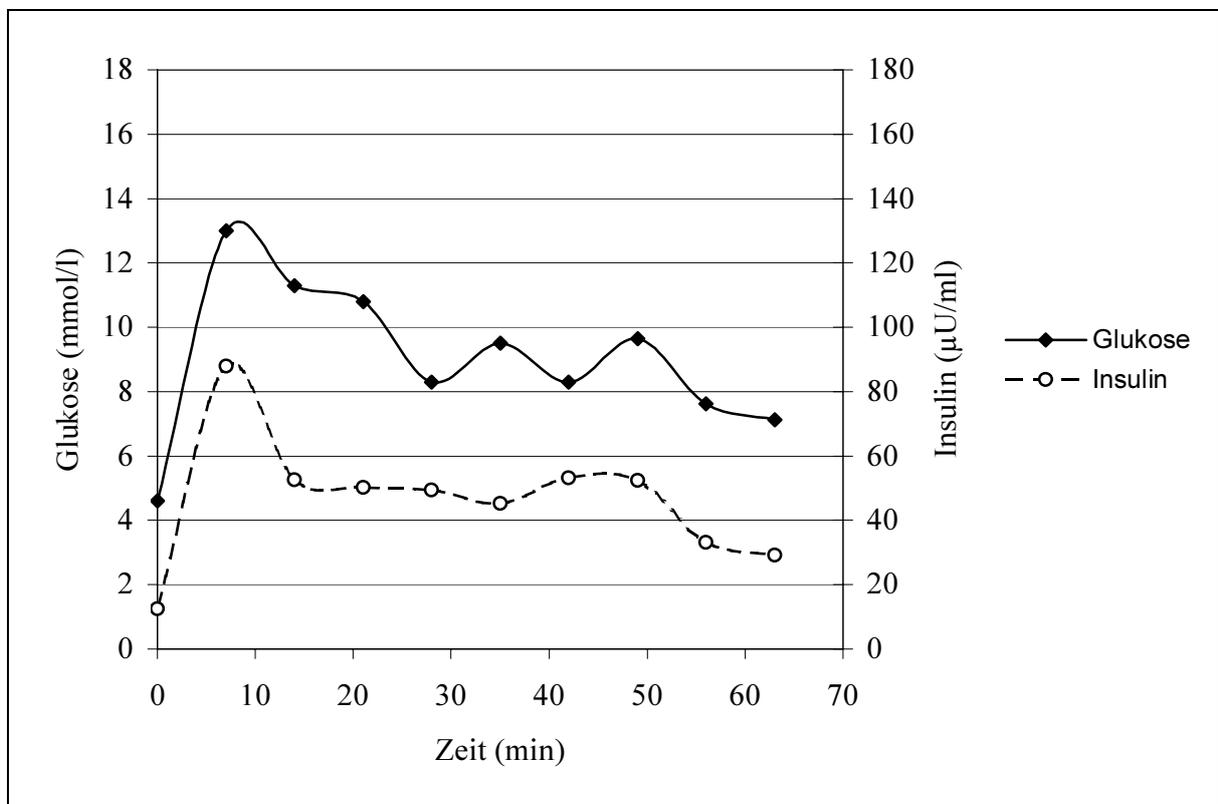


Abb. 120: Ein Beispiel für einen undulierenden Verlauf der Insulin- und damit auch der Glukosekurve im ivGTT. $G_{HWZ} = 65,1$, $r = -0,81$

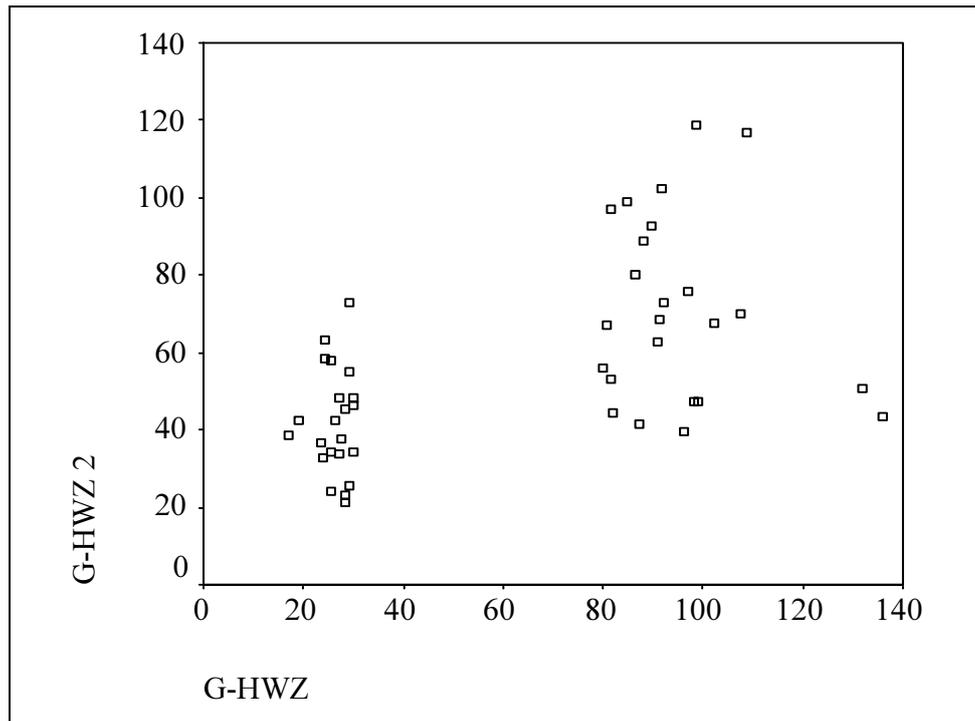
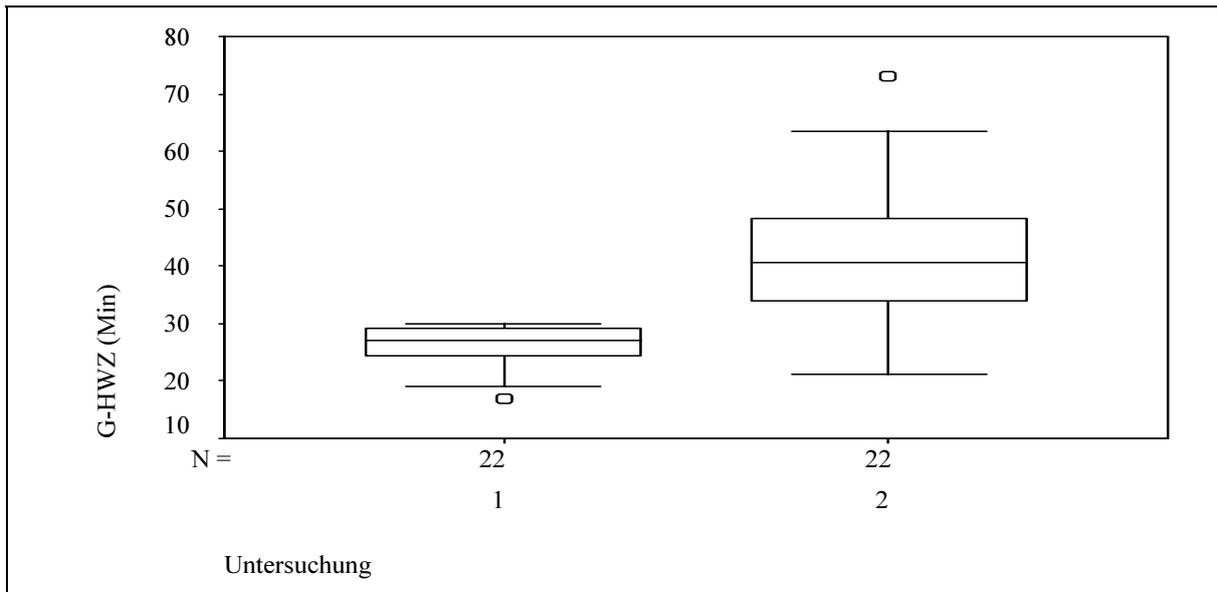


Abb. 121: Beziehung zwischen G_{HWZ} der beiden Untersuchungen

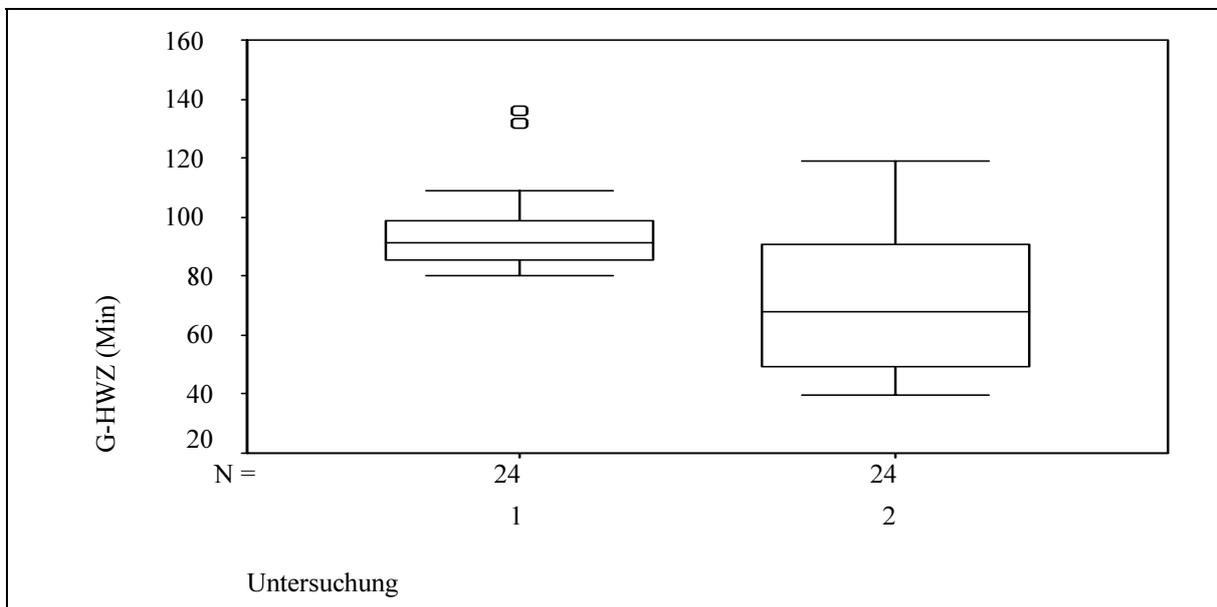
Zusätzlich wurden die Ausreißer nach unten, nach oben sowie die Abweichungen vom linearen Verlauf der Glukosekurve jeweils getrennt tabellarisch erfasst und bewertet. Die Ergebnisse der zwei, oder wenn vorhanden, drei Untersuchungen sind in den Tabellen 17 bis 19 zusammengefasst. Dabei wurde übersichtshalber auf die genaue Werteangabe verzichtet und stattdessen das sich wiederholende abweichende Verhalten mit Kreuzen gekennzeichnet. Es fällt auf, dass viele der Bullen mit außergewöhnlich kurzer bzw. langer Glukosehalbwegszeit der ersten Untersuchung in den Nachuntersuchungen ein ähnliches Verhalten zeigen. Alle Tiere, die in mindestens zwei Messungen eine Glukosehalbwegszeit von $< \bar{x} - s$ (36,1 Minuten), bzw. $> \bar{x} + s$ (71,2 Minuten) aufwiesen, sind in den Tabellen grau markiert.

Von den 22 Bullen mit sehr kurzer Glukosehalbwegszeit der Erstuntersuchung (Tab. 17) hatten 8 (36,4%) bei mindestens einer Nachuntersuchung eine Glukosehalbwegszeit von $< \bar{x} - s$. Keiner der 6 zweifach nachuntersuchten Tiere wies bei beiden Nachuntersuchungen eine so kurze Glukosehalbwegszeit auf.



Untersuchung	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Untersuchung	
						1	2
1	26,33	3,40	24,35	27,08	29,09		
2	42,06	13,65	33,84	40,67	48,39	p<0,001	

Abb. 122: Vergleich zwischen den beiden Untersuchungen bei Bullen mit sehr niedrigen G_{HWZ} -Werten der Erstmessung



Untersuchung	\bar{x}	s	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Untersuchung	
						1	2
1	95,13	14,49	85,46	91,58	98,72		
2	70,96	24,01	49,07	67,86	90,84	p<0,01	

Abb. 123: Vergleich zwischen den beiden Untersuchungen bei Bullen mit sehr hohen G_{HWZ} -Werten der Erstmessung

Tabelle 17: Nachuntersuchung der Bullen mit sehr kurzer G_{HWZ}

Bulle	U 1	U 2	U 3
26	xxx	x	
28	xxx	xx	
36	xxx	x	
38	xxx	xxx	
47	xxx	xxx	o
61	xxx	x	o
62	xxx	xxx	x
65	xxx	xx	
79	xxx	x	
84	xxx	x	
90	xxx	o	
98	xxx	o	xx
102	xxx	x	
127	xxx	x	xx
128	xxx	x	xxx
143	xxx	o	
171	xxx	o	
176	xxx	o	
225	xxx	x	
230	xxx	x	
507	xxx	x	
509	xxx	o	

o: $G_{HWZ} \geq \bar{x}$ (53,63 Min.)

x: $G_{HWZ} < \bar{x}$ (53,63 Min.)

xx: $G_{HWZ} < \bar{x} - s$ (36,08 Min.)

xxx: $G_{HWZ} < 30$ Min.

Von den 24 Bullen mit einer außergewöhnlich langen Glukosehalbwertszeit der Erstuntersuchung (Tab. 18) zeigten 11 Tiere (45,8%) bei mindestens einer Nachuntersuchung G_{HWZ} -Werte von $> \bar{x} + s$. Von den 12 doppelt nachuntersuchten Bullen hatte ein Tier eine Glukosehalbwertszeit von $> \bar{x} + s$ bei beiden Nachuntersuchungen.

Table 18: Nachuntersuchung der Bullen mit sehr langer G_{HWZ}

Bulle	U 1	U 2	U 3
13	xxx	o	
14	xxx	x	
16	xxx	o	o
17	xxx	xxx	x
24	xxx	o	
31	xxx	xxx	
34	xxx	xx	
45	xxx	o	
46	xxx	o	
52	xxx	xx	
53	xxx	xxx	xx
92	xxx	o	o
93	xxx	x	
94	xxx	xxx	x
95	xxx	x	
96	xxx	o	o
104	xxx	x	
106	xxx	xxx	o
133	xxx	x	
147	xxx	xxx	x
149	xxx	x	o
151	xxx	xx	o
152	xxx	xxx	x
155	xxx	xxx	o

o: $G_{HWZ} \leq \bar{x}$ (53,63 Min.)

x: $G_{HWZ} > \bar{x}$ (53,63 Min.)

xx: $G_{HWZ} > \bar{x} + s$ (71,18 Min.)

xxx: $G_{HWZ} > 80$ Min.

Table 19: Nachuntersuchung der Bullen mit undulierendem Verlauf der Glukosekurve

Bulle	U 1	U 2	U 3
7	x	x	
63	x	o	
14	x	o	
17	x	o	o
65	x	o	
47	x	o	o
64	x	o	
13	x	o	
96	x	x	o
517	x	o	
43	x	o	o
39	x	o	
99	x	o	
45	x	o	

o: $r = -0,98$ bis $-1,0$ (linearer Verlauf)

x: $r > -0,98$ (undulierender Verlauf)

Auch bei einem wellenförmigen Verlauf der Glukosekurve in der Erstuntersuchung wurden die Tiere, die in mindestens einer Nachuntersuchung ein ähnliches Verhalten zeigten, in der Tabelle grau markiert (Tab. 19). Hier sind es aber nur zwei Bullen, was 14,3% der 14 untersuchten Tiere ausmacht. In der zweiten Nachuntersuchung konnte bei keinem der Bullen ein undulierender Verlauf der Glukosekurve festgestellt werden.