

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Entwicklung der Wärmeproduktion und der Körpertemperatur bei 34,5°C (=kalt) bebrüteten praecocialen Vogelembryonen

Insgesamt wurden 85 Moschusentenembryonen (30. BT bis Schlupf) und 41 Hühnerembryonen (18. BT bis Schlupf) untersucht.

#### 4.1.1 Ergebnisse aus Kurzzeitversuchen

Bei der Bruttemperatur ( $T_{\text{Brut}}$ ) von 34,5°C steigerten die Enten- und Hühnerembryonen die Wärmeproduktion (WP) mit zunehmendem Alter (Abbildung 7, Abbildung 8). Die Entenembryonen erhöhten die WP von  $1,63 \pm 0,24 \text{ W*kg}^{-1}$  (n=12) zu Beginn der Untersuchungen am 30. Bruttag (BT) auf  $3,34 \pm 0,60 \text{ W*kg}^{-1}$  (n=18) am 37. BT (Schlupftag). Sie fiel jedoch zwischen dem 30. und 32. BT um 1,2% ab und stieg vom 32. BT zum 34. BT um 11%, im späteren Verlauf, zwischen dem 35. und 37. BT, um 39,5% an.

Bei den Hühnerembryonen erhöhte sich die WP von  $1,71 \pm 0,16 \text{ W*kg}^{-1}$  (n=6) am 18. BT auf (n=18)  $3,42 \pm 0,23 \text{ W*kg}^{-1}$  am 24. BT (Schlupftag).

Im Gegensatz zu den Entenembryonen lässt sich der altersabhängige Verlauf der WP der untersuchten Hühnerembryonen in drei Abschnitte teilen. Vom 18. bis 19. BT stieg die WP um 21,6% an, zwischen dem 19. und 20. BT fiel sie um 4,8% ab um danach moderat um 14,4% vom 20. bis 22 BT anzusteigen. Ein deutlicher Anstieg der WP um 28,7% trat zwischen dem 22. BT und dem Schlupftag auf.

Die  $T_K$  der untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen zeigt einen nahezu parallelen Anstieg mit der WP in Abhängigkeit von der Brutdauer. Die  $T_K$  erhöhte sich von 35,4°C am 30. auf 37,0°C am 37. BT. Der prozentuale Anstieg der WP betrug 48,8%, der der  $T_K$  4,6%.

Die  $T_K$  der Hühnerembryonen steigerte sich von  $35,8^\circ\text{C}$  am 18. BT auf  $36,4^\circ\text{C}$  am Schlupftag. Das entspricht einer Steigerung von 1,7%. Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die WP um 49,9%.

Die mittlere  $T_K$  lag über der  $T_U$ . Die Differenz aus  $T_K$  und  $T_U$  vergrößerte sich bei der Ente mit zunehmendem Alter von  $0,8^\circ\text{C}$  am D30 auf  $2,5^\circ\text{C}$  am Schlupftag. Beim Huhn erhöhte sich die Differenz von  $1,3^\circ\text{C}$  am D18 auf  $1,8^\circ\text{C}$  am Schlupftag (keine Abb.).

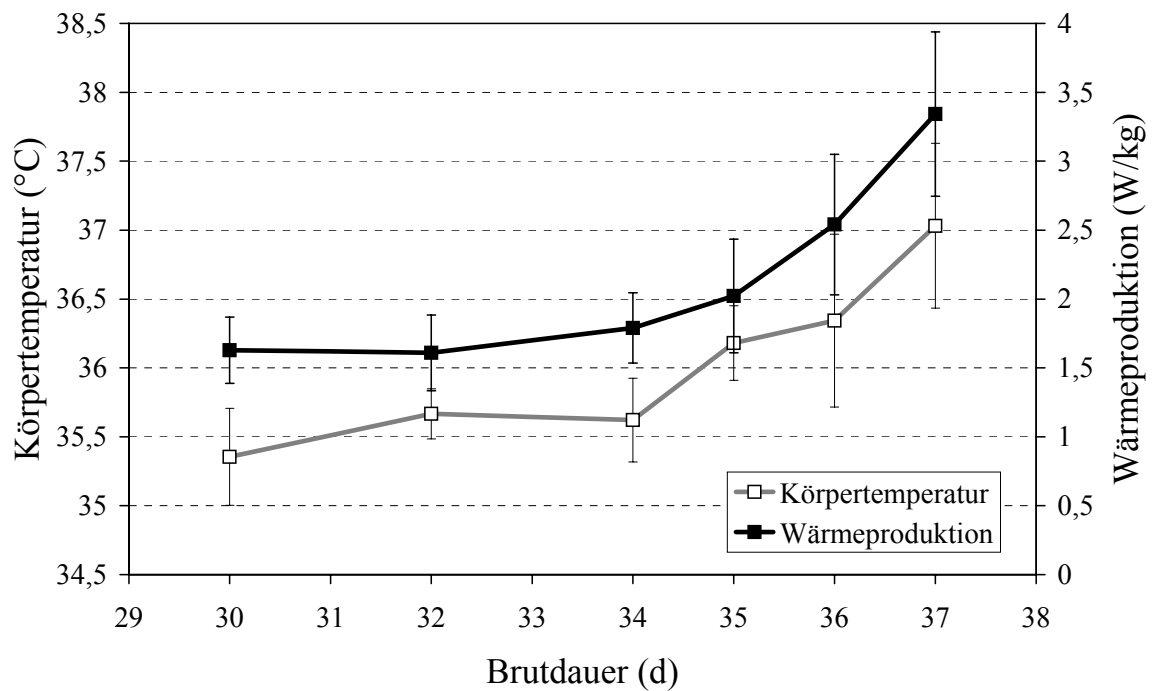


Abbildung 7: Verlauf der Körpertemperatur und Wärmeproduktion im Mittel der Standardabweichung der untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer.

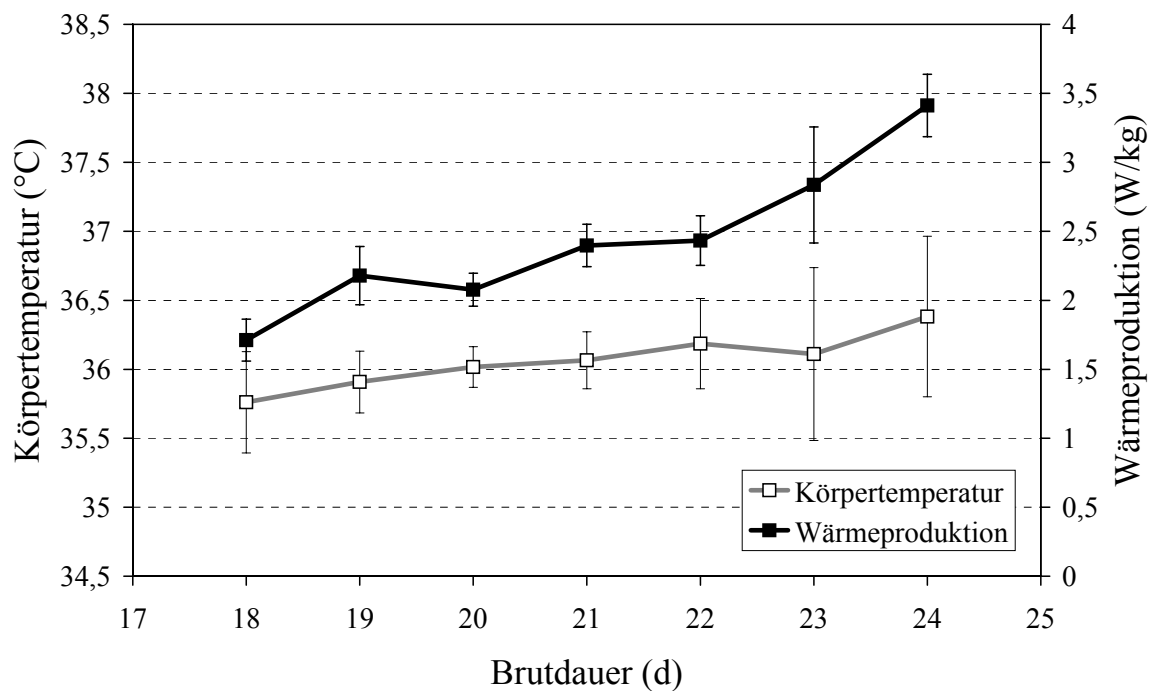


Abbildung 8: Verlauf der Körpertemperatur und Wärmeproduktion der untersuchten kalt erbrüteten Hühnerembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer.

#### 4.1.2 Beschreibung eines Langzeitversuches

In Ergänzung zu den bisher beschriebenen Kurzzeitversuchen von 5 h Dauer wurden mit 6 kalt erbrüteten Entenembryonen Langzeitversuche bei der Adaptationstemperatur von 34,5°C über die beiden letzten BT vor dem Schlupf durchgeführt. Diese Versuche dienten der kontinuierlichen Darstellung der normalen Entwicklung der Embryonen über einen längeren Zeitraum. Da die WP und  $T_K$  der 6 untersuchten Tiere einen ähnlichen zeitlichen Verlauf aufwiesen, soll hier nur auf einen Versuch beispielhaft eingegangen werden. Eine statistische Auswertung dieser Versuche war aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Embryonen nicht möglich.

In Abbildung 9 ist der Verlauf von WP und  $T_K$  sowie der  $T_U$  eines kalt erbrüteten Entenembryos exemplarisch dargestellt, welcher ab dem 35. BT, 10 Uhr, für 45 h untersucht wurde. Bereits vor Beginn des Versuches hatte der Embryo die innere Schalenmembran durchstoßen (IP). Im Verlauf des Versuches erhöhte sich die WP von

1,85 W\*kg<sup>-1</sup> auf 2,89 W\*kg<sup>-1</sup>. Die WP stieg nicht linear an, sondern zeigte Fluktuationen. Ein lokaler stärkerer Anstieg der WP nach etwa 25 h fiel zeitlich mit der Beobachtung der Perforation der Eischale durch den Embryo (EP) zusammen. Die T<sub>K</sub> stieg im Versuchszeitraum von 35,8 °C auf 36,4 °C. Der Schlupf erfolgte nach Beendigung des Versuches am 38. BT.

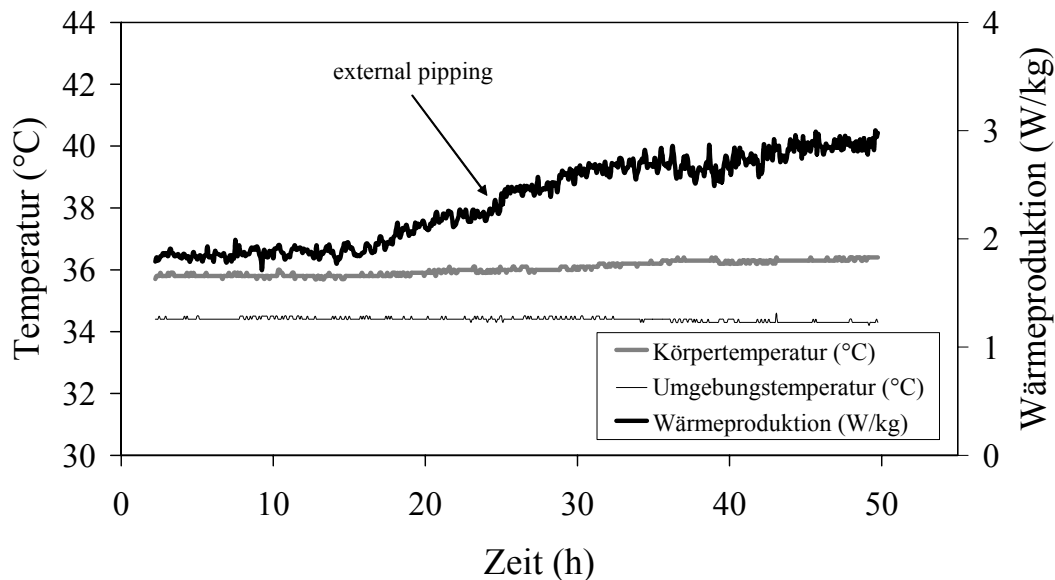


Abbildung 9: Darstellung des Verlaufes von Wärmeproduktion und Körpertemperatur eines kalt erbrüteten Entenembryos ab dem 35. Bruttag über die folgenden 45 Stunden.

#### 4.2 Einfluss chronischer Temperatureinflüsse auf die Wärmeproduktion und Körpertemperatur

Um den Einfluss chronischer Temperatureinflüsse auf Enten- und Hühnerembryonen zu untersuchen wurden die hier untersuchten kalt erbrüteten Embryonen mit zuvor bei normaler T<sub>Brut</sub> (37,5°C) bebrüteten Embryonen (JANKE, 2002) verglichen. Obwohl die Tiere den selben Zuchtlinien entstammten, verging bis zum Abschluss der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen eine gewisse Zeit, weshalb es notwendig war, die Vergleichbarkeit dieser unterschiedlichen Versuchsgruppen zu überprüfen. Dazu wurde stichprobenartig die WP und T<sub>K</sub> dieser Versuchsgruppen bei verschiedenen Altersstufen unter normaler T<sub>Brut</sub> verglichen. Zwischen der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Versuchsgruppe und den von JANKE (2002) untersuchten Embryonen traten keine signifikanten Unterschiede auf (VA, p>0,05). Damit konnte sichergestellt werden,

dass auch ein Vergleich der kalt erbrüteten Embryonen mit den von JANKE (2002) erhobenen Werten zulässig ist.

#### **4.2.1 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedlicher Bruttemperaturen) auf Wärmeproduktion und Körpertemperatur von Enten- und Hühnerembryonen bei der jeweiligen Adaptationstemperatur**

Die WP stagnierte bei den normal erbrüteten Entenembryonen vom 30. bis zum 33. BT (Abbildung 10). Zwischen den WP Werten an diesen Tagen traten bis zum 33. BT keine signifikanten Unterschiede auf (VA;  $p > 0,05$ ; Plateauphase). Dagegen war die WP normal erbrüteter Embryonen am 34. BT gegenüber dem 33. BT signifikant erhöht (VA;  $p < 0,05$ ). Am 35. BT, dem Schlupftag, erhöhte sich die WP auf  $3,28 \pm 0,18 \text{ W*kg}^{-1}$  ( $n=6$ ), unterschied sich damit jedoch nicht signifikant vom Wert am 33. BT (VA;  $p > 0,05$ ).

Der Verlauf der WP der kalt erbrüteten Embryonen zeigte ebenfalls den sigmoiden Verlauf der normal erbrüteten Entenembryonen, allerdings ist dieser aufgrund der längeren Brutdauer der kalter erbrüteten Tiere zeitlich gedehnt. Zwischen dem 30. und 35. BT traten keine signifikanten Unterschiede in der WP auf (VA;  $p > 0,05$ ). Eine geringe, nicht signifikante (VA;  $p > 0,05$ ), Steigerung um  $0,23 \text{ W*kg}^{-1}$  war erstmals vom 34. auf den 35. BT sichtbar. Eine deutlichere, ebenfalls nicht signifikante (VA;  $p > 0,05$ ) Steigerung der WP um  $0,52 \text{ W*kg}^{-1}$  trat zwischen dem 35. und 36. BT auf. Zwischen dem 36. und dem 37. BT war die WP Steigerungen signifikant (VA;  $p < 0,05$ ). Sie stieg auf  $3,34 \pm 0,60 \text{ W*kg}^{-1}$  ( $n=18$ ). Die Streuung der WP Werte der kalt erbrüteten Entenembryonen nahm ab dem 35. BT zu und trug somit zur Verringerung der Signifikanzen trotz eines klaren Anstieges der WP bei.

Zwischen den Werten der WP der bei unterschiedlichen Bruttemperaturen erbrüteten Entenembryonen traten am 32. BT sowie am Schlupftag, der bei den normal erbrüteten Embryonen am 35. BT und bei den Kalterbrüteten am 37. BT lag, keine signifikanten Unterschiede auf (VA;  $p > 0,05$ ). Zwischen dem 30. und 33. BT, einschließlich dem 34. BT bei den kalt erbrüteten Entenembryonen, stagnierten die Mittelwerte der WP auf einem relativ einheitlichen Niveau zwischen  $1,20$  und  $1,82 \text{ W*kg}^{-1}$  bei beiden Bebrütungsgruppen. Am Schlupftag besaßen die kalt erbrüteten Entenembryonen im Mittel eine WP von  $3,34 \pm 0,60 \text{ W*kg}^{-1}$  und die Normalerbrüteten eine von  $3,28 \pm 0,18 \text{ W*kg}^{-1}$ .

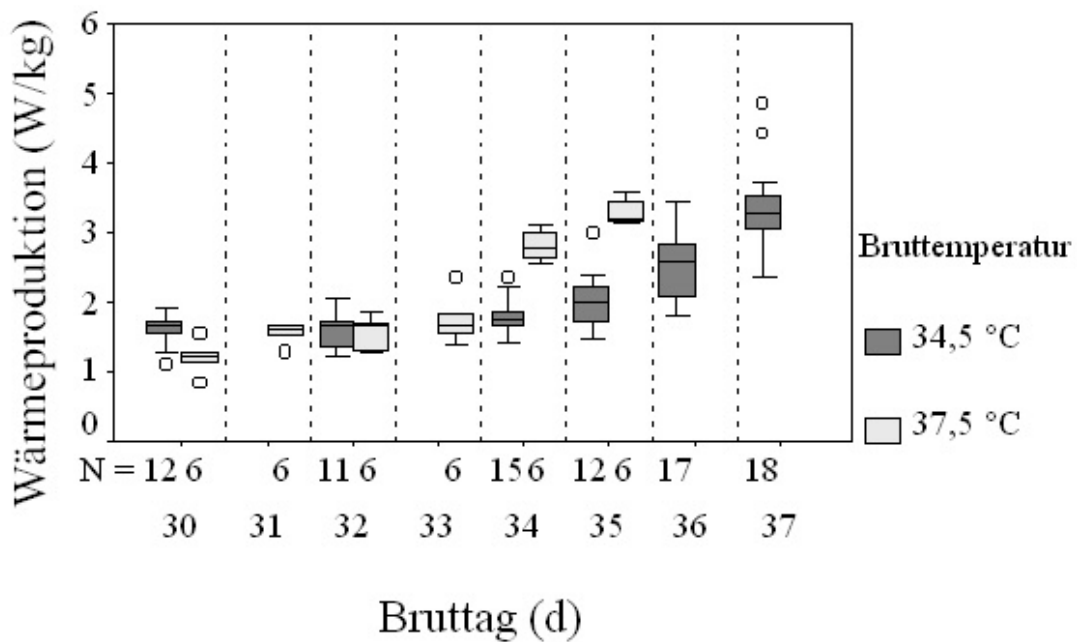


Abbildung 10: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt und normal erbrüteten Entenembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer. Die Embryonen wurden bei der jeweiligen Bruttemperatur untersucht.

Wie in Abbildung 11 zu sehen ist, stagniert die WP der normal erbrüteten Hühnerembryonen vom 18. bis zum 21. BT und dementsprechend traten bis zum 21. BT keine signifikanten Unterschiede der WP Werte an diesen Tagen auf (VA;  $p > 0,05$ ). Dagegen war die WP dieser Embryonen am 22. BT, dem Schlupftag, gegenüber jedem anderen untersuchten BT signifikant erhöht (VA;  $p < 0,05$ ). Der Wert der WP erhöhte sich auf  $3,25 \pm 0,44 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $n=6$ ) am Schlupftag.

Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen traten zwischen dem 18. und 21. BT keine signifikanten Unterschiede der WP Werte auf (VA;  $p > 0,05$ ); ebenso nicht zwischen dem 19. und 22. BT (VA;  $p > 0,05$ ), wobei sich der Mittelwert der WP zwischen dem 18. und 19. BT um  $0,47 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  erhöhte. Zwischen dem 23. und 24. BT erhöhte sich die WP signifikant, sie stieg um  $0,58 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  auf  $3,42 \pm 0,23 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $n=5$ ; VA;  $p < 0,05$ ). Die Streuung der WP Werte der kalt erbrüteten Hühnerembryonen nahm ab dem 23. BT deutlich zu. Der Schlupf erfolgte bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen durch die verzögerte Entwicklung erst am 24. BT.

Die WP stagnierte zwischen dem 18. und 21. BT der normal erbrüteten bzw. dem 19. und 22. BT der Kalterbrüteten auf einem relativ einheitlichen Niveau zwischen 1,73 und 2,58

$W \cdot kg^{-1}$  bei beiden Bebrütungsgruppen. Die Höhe der WP der bei unterschiedlichen Bruttemperaturen erbrüteten Hühnerembryonen unterschied sich am 19. sowie am 20. BT nicht signifikant (VA;  $p > 0,05$ ), an den übrigen untersuchten BT traten jedoch signifikante Unterschiede auf (VA;  $p < 0,05$ ). Vergleicht man die WP an den beiden Schlupftagen (22. BT bei den normal erbrüteten Embryonen, 24. BT bei den kalt erbrüteten Embryonen) miteinander, trat kein signifikanter Unterschied auf (VA;  $p > 0,05$ ).

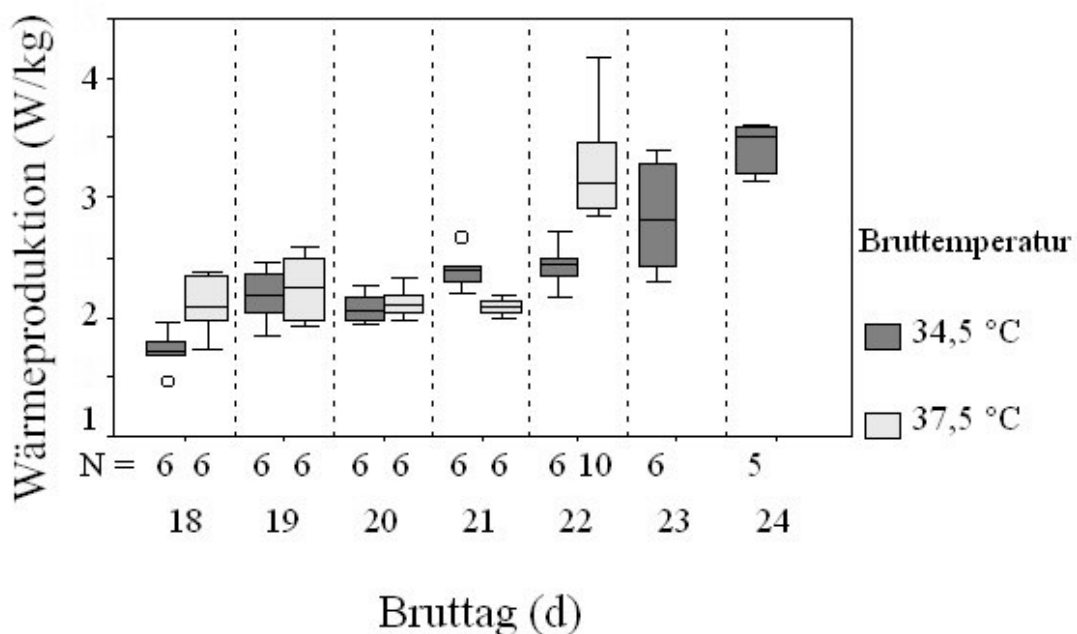


Abbildung 11: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt und normal erbrüteten Hühnerembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer. Die Embryonen wurden bei der jeweiligen Bruttemperatur untersucht.

Der Verlauf der  $T_K$  folgte dem Verlauf der WP (Abbildung 12). Bei den normal erbrüteten Entenembryonen lag die  $T_K$  vom 30. bis zum 33. BT auf einem Niveau zwischen  $38,3$  und  $39,3^\circ C$ . Die  $T_K$  zwischen dem 30. und 33. BT betrug im Mittel  $38,8 \pm 0,25^\circ C$  ( $n=24$ ). Diese BT besaßen keine signifikanten Abweichungen hinsichtlich der  $T_K$  (VA;  $p > 0,05$ ). Dagegen war die  $T_K$  normal erbrüteter Embryonen am 34. BT gegenüber dem 33. BT signifikant erhöht (VA;  $p < 0,05$ ). Am Tag des Schlupfes (35. BT) steigerte sich die  $T_K$  nochmals signifikant zum Vortag auf  $41,0 \pm 0,25^\circ C$  ( $n=6$ ; VA;  $p < 0,05$ ).

Bei den kalt erbrüteten Entenembryonen traten zwischen dem 30. und 34. BT keine signifikanten Unterschiede in der  $T_K$  auf (VA;  $p > 0,05$ ). Die gemessenen Werte lagen hier zwischen  $34,8$  und  $36,2^\circ C$ . Die mittlere  $T_K$  der kalt erbrüteten Entenembryonen zwischen

dem 30 und 34. BT lag bei  $35,6 \pm 0,32^{\circ}\text{C}$  ( $n=38$ ). Eine signifikante Steigerung um  $0,56^{\circ}\text{C}$  war erstmals vom 34. auf den 35. BT sichtbar (VA;  $p<0,05$ ). Eine weitere, nicht signifikante, Steigerung der  $T_K$  um  $0,16^{\circ}\text{C}$  trat zwischen dem 35. und 36. BT auf (VA;  $p>0,05$ ). Vom 36. zum 37. BT stieg die  $T_K$  signifikant auf  $37,0 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$  ( $n=18$ ; VA;  $p<0,05$ ) an.

Zwischen den Werten der  $T_K$  der bei unterschiedlichen  $T_{\text{Brut}}$  erbrüteten Embryonen traten an jedem Untersuchungstag signifikante Unterschiede auf (VA;  $p<0,05$ ). Der Verlauf der  $T_K$  der kalt erbrüteten Entenembryonen glich qualitativ dem der Normalerbrüteten, ist jedoch zeitlich gedehnt. Auf ein Stagnieren der Werte bis zum 33. BT der Normalerbrüteten bzw. 34. BT der Kalterbrüteten, folgte bei beiden Gruppen ein Anstieg der  $T_K$  bis zum Schlupf.

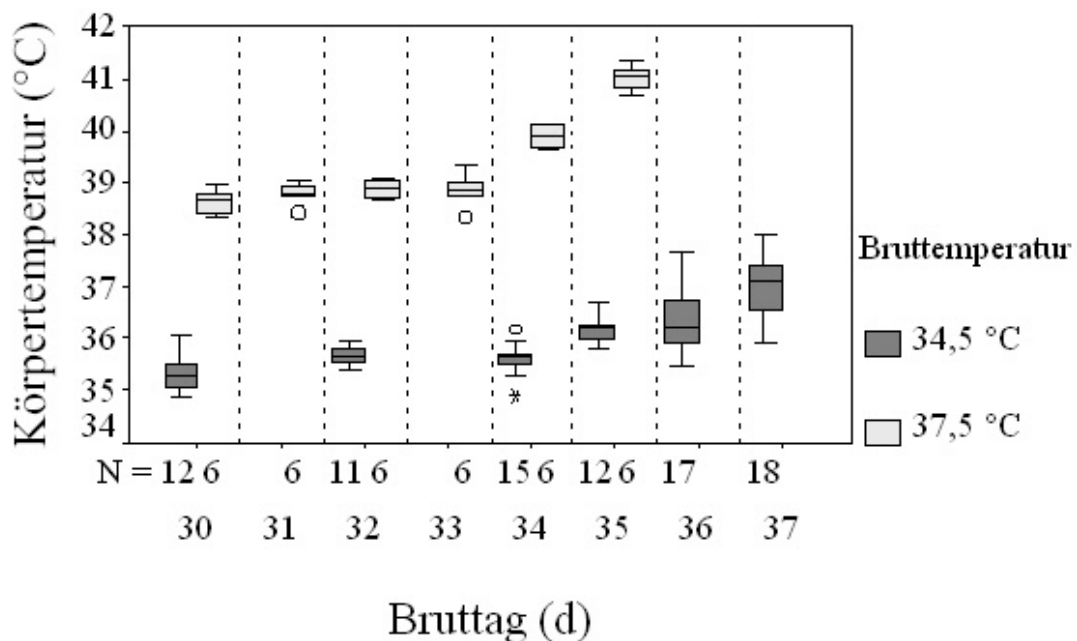


Abbildung 12: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt und normal erbrüteten Entenembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer. Die Embryonen wurden bei der jeweiligen Bruttemperatur untersucht.

Zwischen dem 18. und 21. BT lag die  $T_K$  bei den normal erbrüteten Hühnerembryonen auf einem Niveau zwischen  $38,8$  und  $39,7^{\circ}\text{C}$  (Abbildung 13). Die  $T_K$  Abweichungen dieser BT waren nicht signifikant (VA;  $p>0,05$ ). Dagegen war die  $T_K$  normal erbrüteter Embryonen am 22. BT gegenüber den vorhergehenden BT signifikant erhöht und betrug am Tag des Schlupfes  $40,0 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$  ( $n=10$ ; VA;  $p<0,05$ ).



Ein annähernd linearer Verlauf der  $T_K$  trat bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen auf. Es waren keine signifikanten Unterschiede der  $T_K$  Werte an den unterschiedlichen BT vorhanden (VA;  $p > 0,05$ ). Die mittlere  $T_K$  der kalt erbrüteten Hühnerembryonen lag bei  $36,1 \pm 0,43^\circ\text{C}$ , ( $n=41$ ) im Untersuchungszeitraum. Am Schlupftag lag die  $T_K$  bei  $36,4 \pm 0,68^\circ\text{C}$  ( $n=18$ ).

Zwischen den Werten der  $T_K$  der bei unterschiedlichen  $T_{\text{Brut}}$  erbrüteten Embryonen traten an jedem Untersuchungstag signifikante Unterschiede auf (VA;  $p < 0,05$ ). Die Differenz der Mittelwerte belief sich auf  $3,4^\circ\text{C}$ .

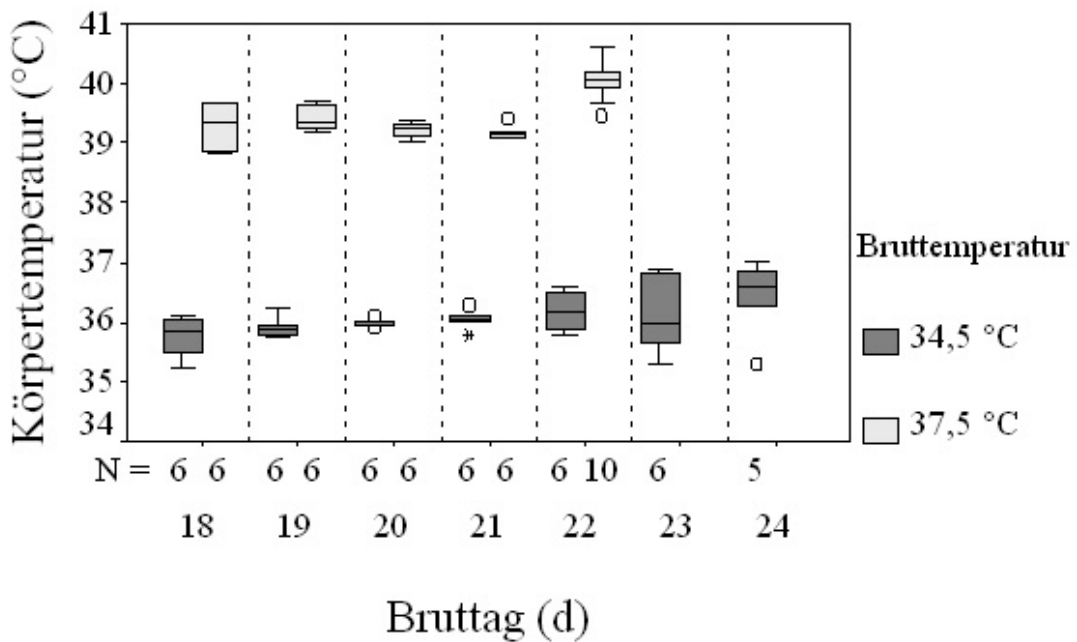


Abbildung 13: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in Abhängigkeit von der Brutdauer. Die Embryonen wurden bei der jeweiligen Bruttemperatur untersucht.

#### **4.2.2 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedlicher Bruttemperaturen) auf Wärmeproduktion und Körpertemperatur von Hühnerembryonen bei einer Umgebungstemperatur von 37,5°C**

Bei der Darstellung der kalt und normal erbrüteten Hühnerembryonen bei ihren  $T_{\text{Brut}}$ , an die die Tiere adaptiert wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Embryonen (Abbildung 11, Abbildung 13) wurde eine verlängerte Brutdauer der Kalterbrüteten beschrieben. Aufgrund dieser verzögerten Entwicklung der kalt erbrüteten Embryonen im Vergleich zu den normal erbrüteten war es notwendig, einen einheitlichen Vergleichsmaßstab zu wählen. Die Brutzeit der Tiere beider Gruppen wurde prozentual dargestellt, um Embryonen mit unterschiedlicher Brutdauer in gleichen Entwicklungsstadien vergleichen zu können. Die Ergebnisse der prozentualen Gegenüberstellung unterschiedlich bebrüteter Embryonen stimmte mit der in den Abbildungen 14-23 und 25-28 gewählten Methode des Vergleiches von Embryonen mit gleicher zeitlicher Differenz zum Schlupftag überein. Daher wurde für den Vergleich beider Brutgruppen im Weiteren diese Methode gewählt.

Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen waren die Unterschiede der WP der Brutgruppen an beiden dargestellten BT signifikant (VA;  $p < 0,05$ ) (Abbildung 14). Die WP zwei Tage vor dem Schlupftag lag  $0,55 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Kalterbrütete  $2,68 \pm 0,30 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $n = 6$ ; Normalerbrütete  $2,13 \pm 0,12 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $n = 6$ ) höher als bei den Normalerbrüteten. Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen lag die WP am Schlupftag  $1,28 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  höher als bei den Normalerbrüteten.

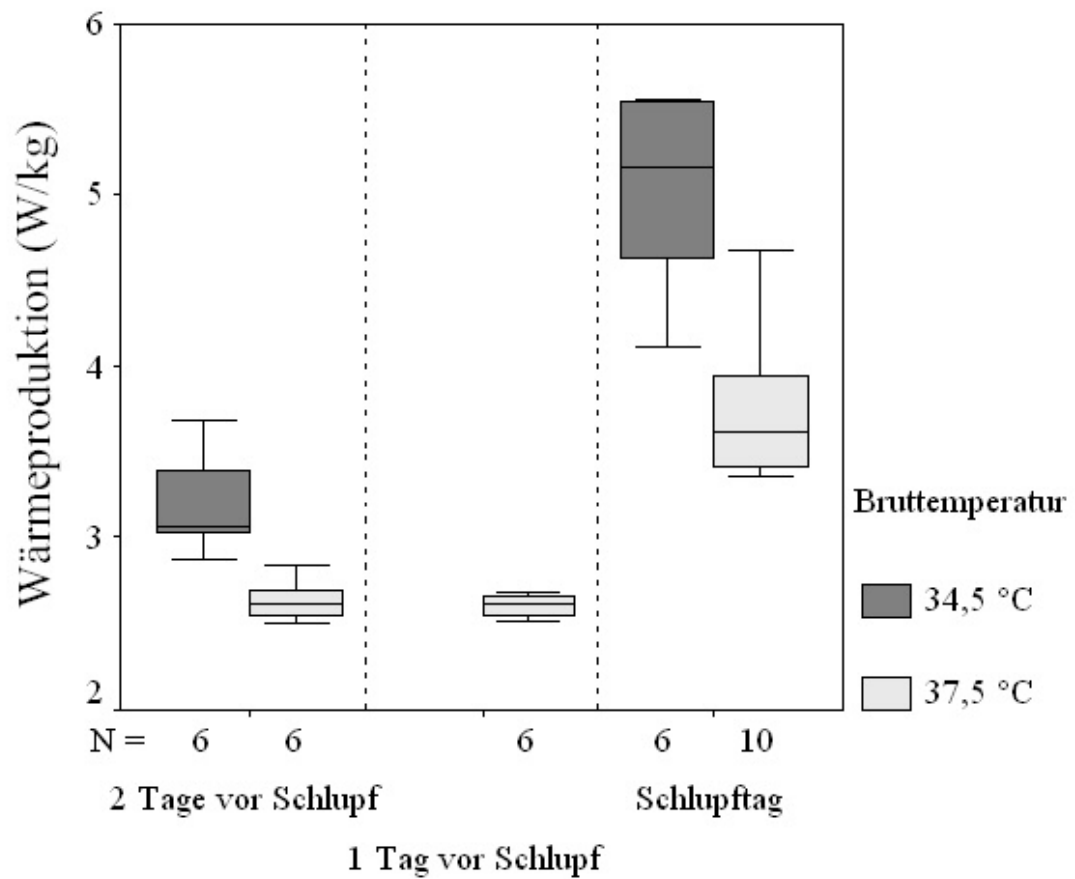


Abbildung 14: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei 37,5°C untersucht.

Wie in Abbildung 15 zu sehen ist, lag die  $T_K$  der kalt erbrüteten Hühnerembryonen zwei Tage vor dem Schlupftag  $0,5^\circ\text{C}$  (Kalterbrütete  $39,7 \pm 0,27^\circ\text{C}$ ,  $n=6$ ; Normalerbrütete  $39,2 \pm 0,16^\circ\text{C}$ ,  $n=6$ ) und damit signifikant höher als die der Normalerbrüteten (VA;  $p<0,05$ ). Auch am Schlupftag betrug die Differenz der  $T_K$  der beiden  $0,5^\circ\text{C}$ , den höheren Wert besaßen auch hier die kalt erbrüteten Hühnerembryonen, jedoch war hier durch die größere Streuung der Unterschied nicht signifikant (VA;  $p>0,05$ ).

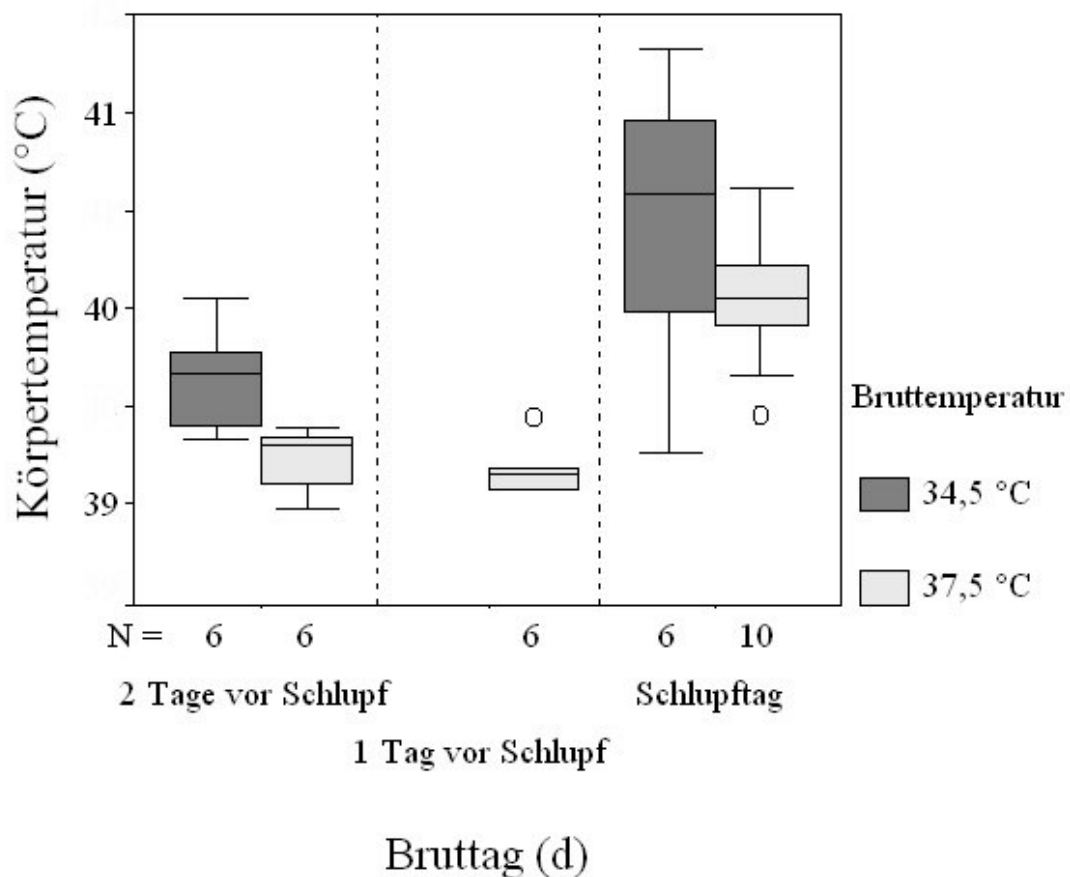


Abbildung 15: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $37,5^\circ\text{C}$  untersucht.

### 4.2.3 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedlicher Bruttemperaturen) auf die Wärmeproduktion von Enten- und Hühnerembryonen bei einer Umgebungstemperatur von 34,5°C

Für den Vergleich der Mittelwerte der WP der normal bzw. kalt erbrüteten Embryonen, bei einer  $T_U$  von 34,5°C, wurde der Zeitraum von zwei Tage vor dem Schlupf bis zum Schlupftag gewählt.

Bei den kalt erbrüteten Entenembryonen lag die WP zwei Tage vor dem Schlupftag  $0,41 \text{ W*kg}^{-1}$  (Kalterbrütete  $2,02 \pm 0,41 \text{ W*kg}^{-1}$ ,  $n=12$ ; Normalerbrütete  $1,61 \pm 0,30 \text{ W*kg}^{-1}$ ,  $n=6$ ) höher als bei den Normalerbrüteten (Abbildung 16). Hierbei handelte es sich um einen signifikanten Unterschied (VA;  $p<0,05$ ). Einen Tage vor dem Schlupftag trat bei den kalt erbrüteten Entenembryonen eine um  $0,01 \text{ W*kg}^{-1}$  höhere WP auf.

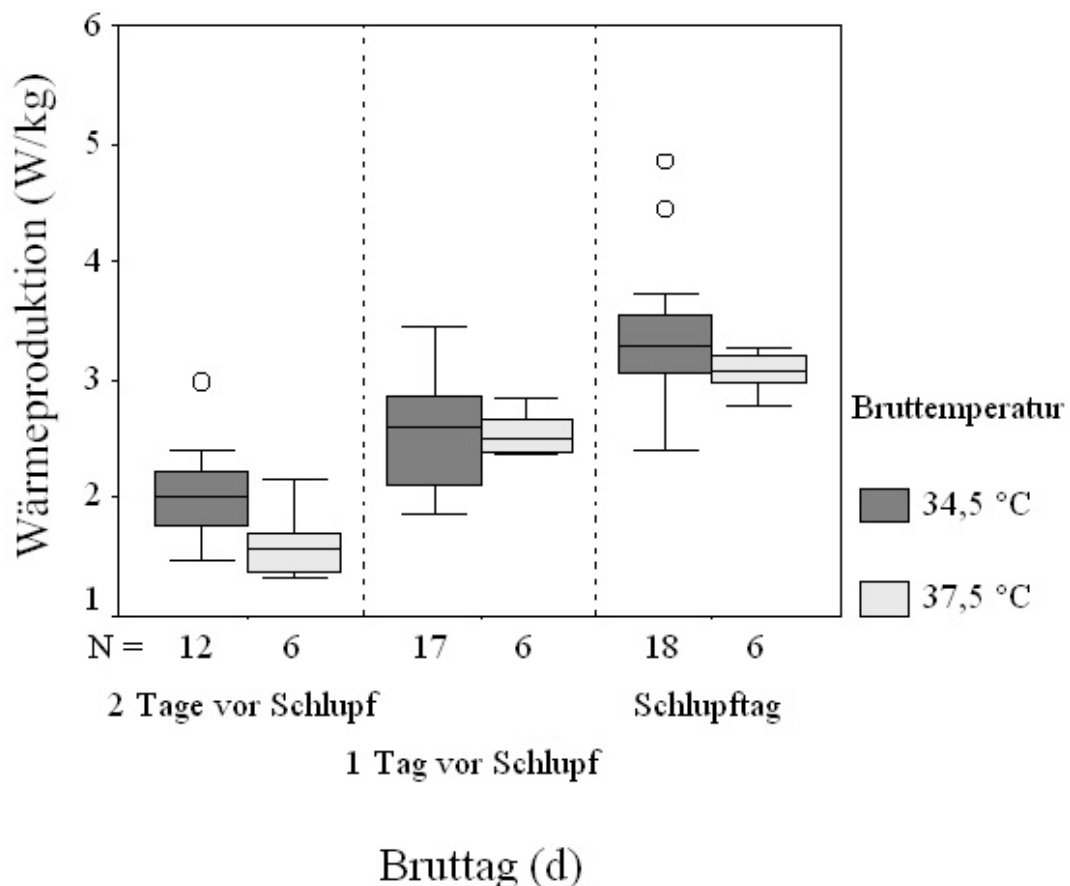


Abbildung 16: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei 34,5°C untersucht.

Am Schlupftag wurde eine um  $0,28 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  höhere WP bei den kalt erbrüteten Entenembryonen im Vergleich zu den Normalerbrüteten, gemessen. An den beiden letzten Tagen war der Unterschied der Brutgruppen nicht signifikant (VA;  $p>0,05$ ).

Anders als bei den Entenembryonen waren bei den Hühnerembryonen die Unterschiede der Brutgruppen an allen hier dargestellten BT signifikant (VA;  $p<0,05$ ) (

Abbildung 17). Die WP zwei Tage vor dem Schlupftag lag  $0,49 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Kalterbrütete  $2,43 \pm 0,18 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $n=6$ ; Normalerbrütete  $1,94 \pm 0,11 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $n=6$ ) höher als bei den Normalerbrüteten. Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen lag einen Tag vor dem Schlupftag die WP  $0,93 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  höher als bei den Normalerbrüteten. Am Schlupftag wurde eine um  $0,39 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  höhere WP bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen gemessen.

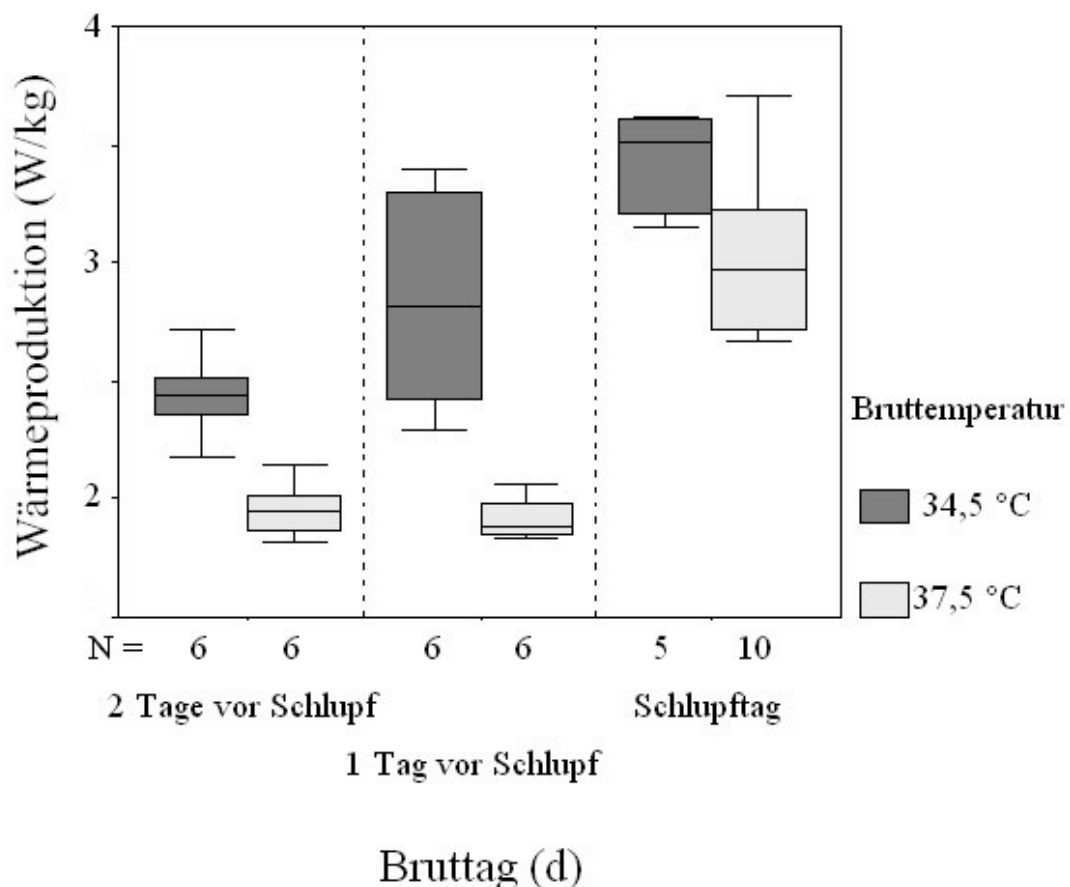


Abbildung 17: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $34,5^\circ\text{C}$  untersucht.

Wie aus der Abbildung 18 zu ersehen ist, traten bei den kalt erbrüteten Entenembryonen bei einer  $T_U$  von  $34,5^\circ\text{C}$  zwei Tage vor dem Schlupftag eine um  $0,3^\circ\text{C}$  (Kalterbrütete  $36,2 \pm 0,26^\circ\text{C}$ ,  $n=12$ ; Normalerbrütete  $35,9 \pm 0,33^\circ\text{C}$ ,  $n=6$ ) höhere  $T_K$  auf. Hierbei handelte es sich nicht um einen signifikanten Unterschied (VA;  $p>0,05$ ). Einen Tage vor dem Schlupftag trat bei den normal erbrüteten Entenembryonen eine um  $0,7^\circ\text{C}$  höhere  $T_K$  auf. Am Schlupftag wurde eine um  $0,9^\circ\text{C}$  höhere  $T_K$  bei den normal erbrüteten Entenembryonen gemessen. An diesen beiden letzten Tagen war der Unterschied zwischen den Brutgruppen signifikant (VA;  $p<0,05$ ). Wie in Abbildung 18 ersichtlich, lag die Streuung der  $T_K$ -Werte der Kalterbrüteten deutlich über der der Normalerbrüteten.

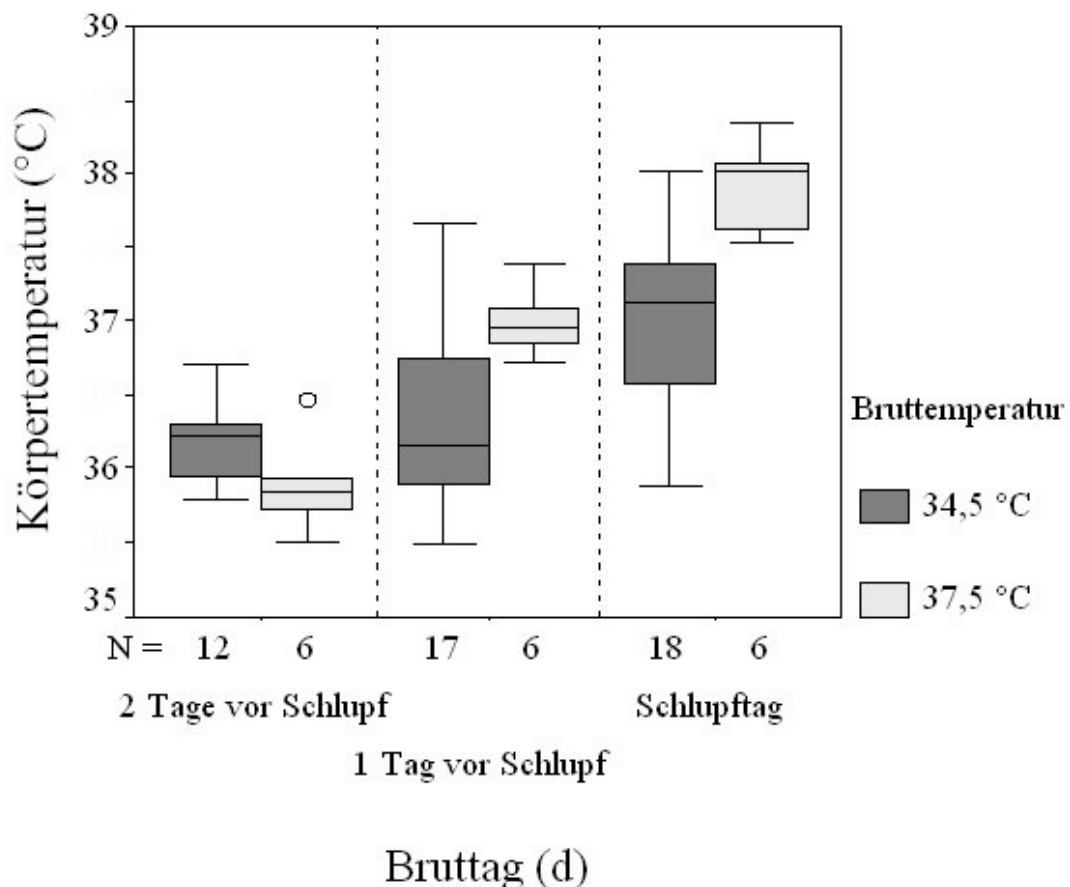


Abbildung 18: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $34,5^\circ\text{C}$  untersucht.

Bei den Hühnerembryonen der normal erbrüteten Brutgruppe traten bei einer  $T_U$  von  $34,5^\circ\text{C}$  die höheren  $T_K$  im Vergleich zu den Kalterbrüteten auf und die Unterschiede wurden stärker, je näher der Schlupf kam (Abbildung 19).

Die Mittelwerte der  $T_K$  der beiden Brutgruppen lagen zwei Tage vor dem Schlupftag auf identischem Niveau (Kalterbrütete  $36,2 \pm 0,34^\circ\text{C}$ ,  $n = 6$ ; Normalerbrütete  $36,2 \pm 0,17^\circ\text{C}$ ;  $n=6$ ; die Mittelwerte spiegeln sich in den Darstellungen mit Boxplots nicht wieder). Bei den normal erbrüteten Hühnerembryonen lag einen Tag vor dem Schlupftag die  $T_K$   $0,2^\circ\text{C}$  höher als bei den Kalterbrüteten. Am Schlupftag wurde eine um  $0,8^\circ\text{C}$  höhere  $T_K$  bei den normal erbrüteten Entenembryonen gemessen. Die Unterschiede der Brutgruppen waren nur am Schlupftag signifikant (VA;  $p < 0,05$ ).

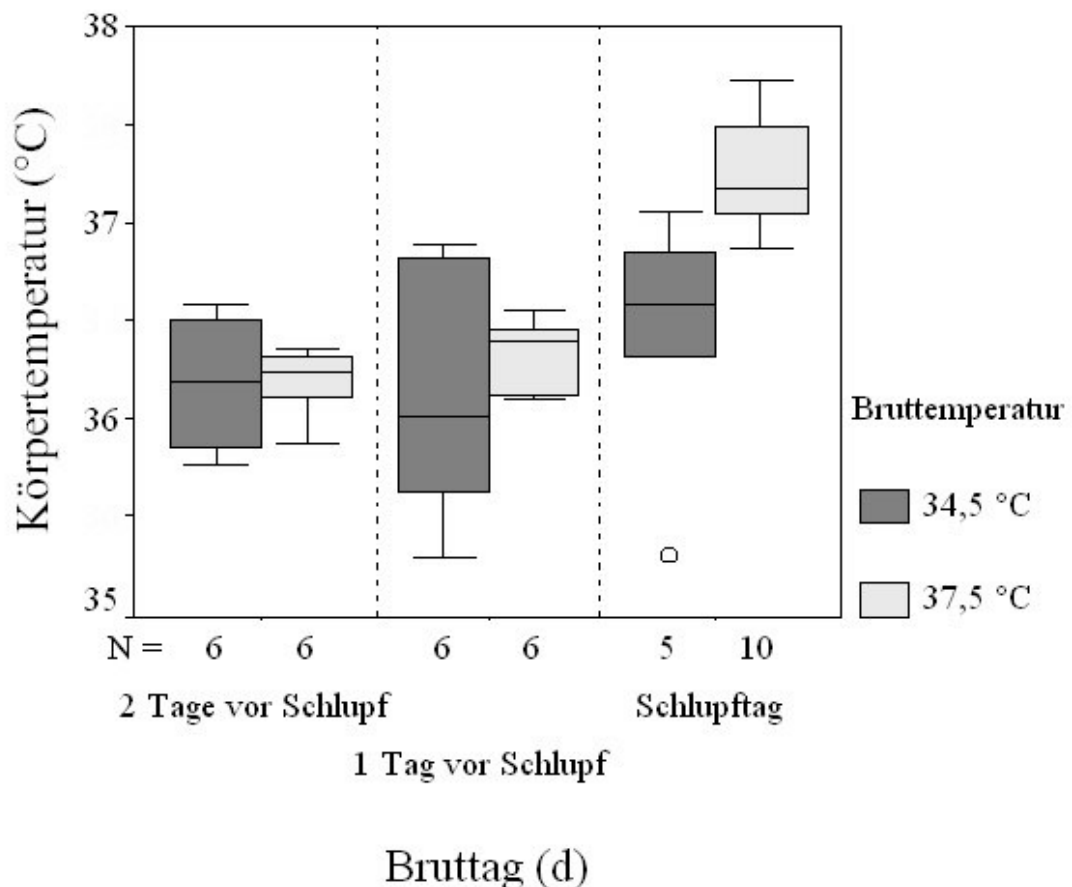


Abbildung 19: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $34,5^\circ\text{C}$  untersucht.



#### 4.2.4 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedlicher Bruttemperaturen) auf Wärmeproduktion und Körpertemperatur bei Enten- und Hühnerembryonen bei einer Umgebungstemperatur von 31,5°C

In dem Zeitraum von zwei Tagen vor dem Schlupftag bis einen Tag vor dem Schlupftag bei der bei 37,5°C bebrüteten Gruppe (bzw. zum Schlupftag bei der bei 34,5°C bebrüteten Gruppe) wurden bei einer  $T_U$  von 31,5°C die WP und  $T_K$  der Embryonen gemessen.

Sowohl zwei Tage als auch einen Tag vor dem Schlupf lagen die WP Werte der kalt erbrüteten Entenembryonen nicht signifikant (VA;  $p > 0,05$ ) über denen der normal erbrüteten Entenembryonen (Abbildung 20).

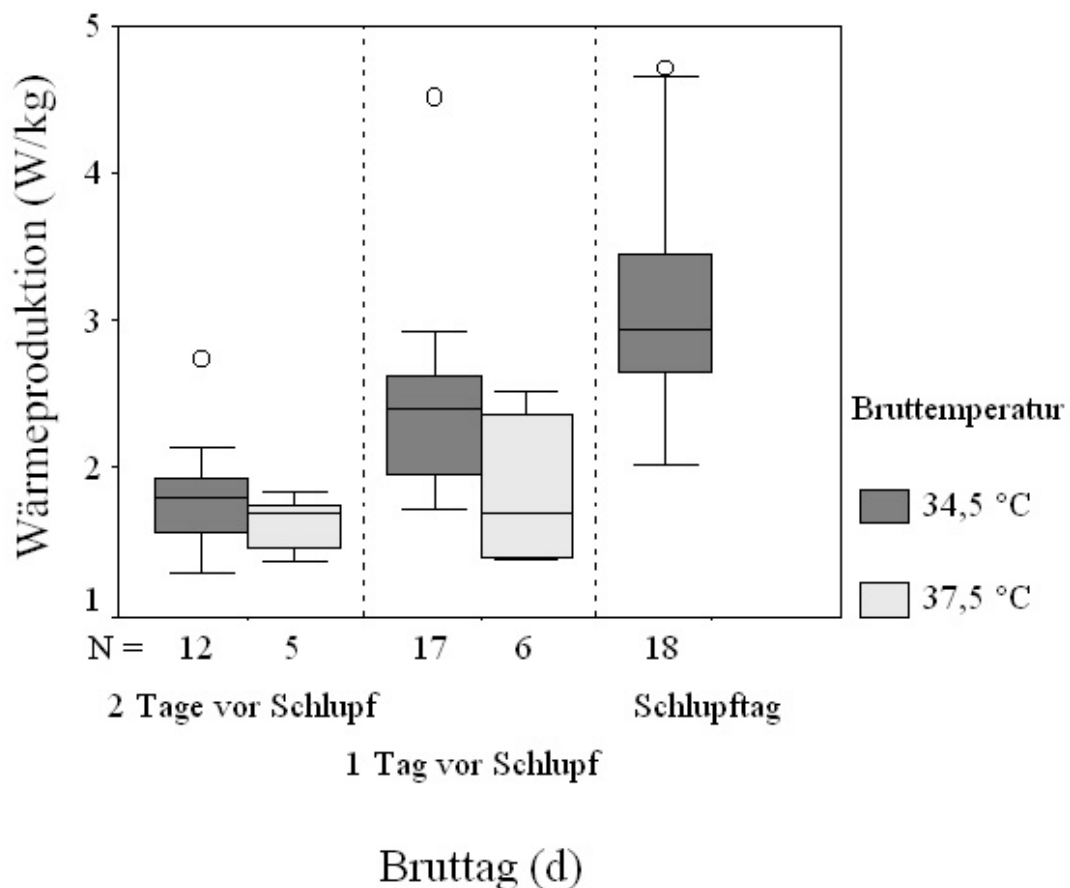


Abbildung 20: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei 31,5°C untersucht.

Die WP zwei Tage vor dem Schlupftag lag  $0,20 \text{ W*kg}^{-1}$  (Kalterbrütete  $1,81 \pm 0,38 \text{ W*kg}^{-1}$ ,  $n=12$ ; Normalerbrütete  $1,61 \pm 0,20 \text{ W*kg}^{-1}$ ,  $n=5$ ) höher als bei den Normalerbrüteten. Bei den kalt erbrüteten Entenembryonen lag die WP einen Tag vor dem Schlupftag  $0,57 \text{ W*kg}^{-1}$  höher als bei den Normalerbrüteten.

Stellte man bei einer  $T_U$  von  $31,5^\circ\text{C}$  die WP der normal erbrüteten Hühnerembryonen der WP der kalt erbrüteten Embryonen gegenüber, fiel der signifikant tiefer liegende WP Wert der normal erbrüteten Embryonen an beiden dargestellten BT auf (VA;  $p<0,05$ ; Abbildung 21).

Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen lagen die WP zwei Tage vor dem Schlupf  $0,61 \text{ W*kg}^{-1}$  höher als bei den normal erbrüteten. Einen Tag vor dem Schlupftag trat bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen eine um  $0,90 \text{ W*kg}^{-1}$  höhere WP auf als bei den normal erbrüteten.

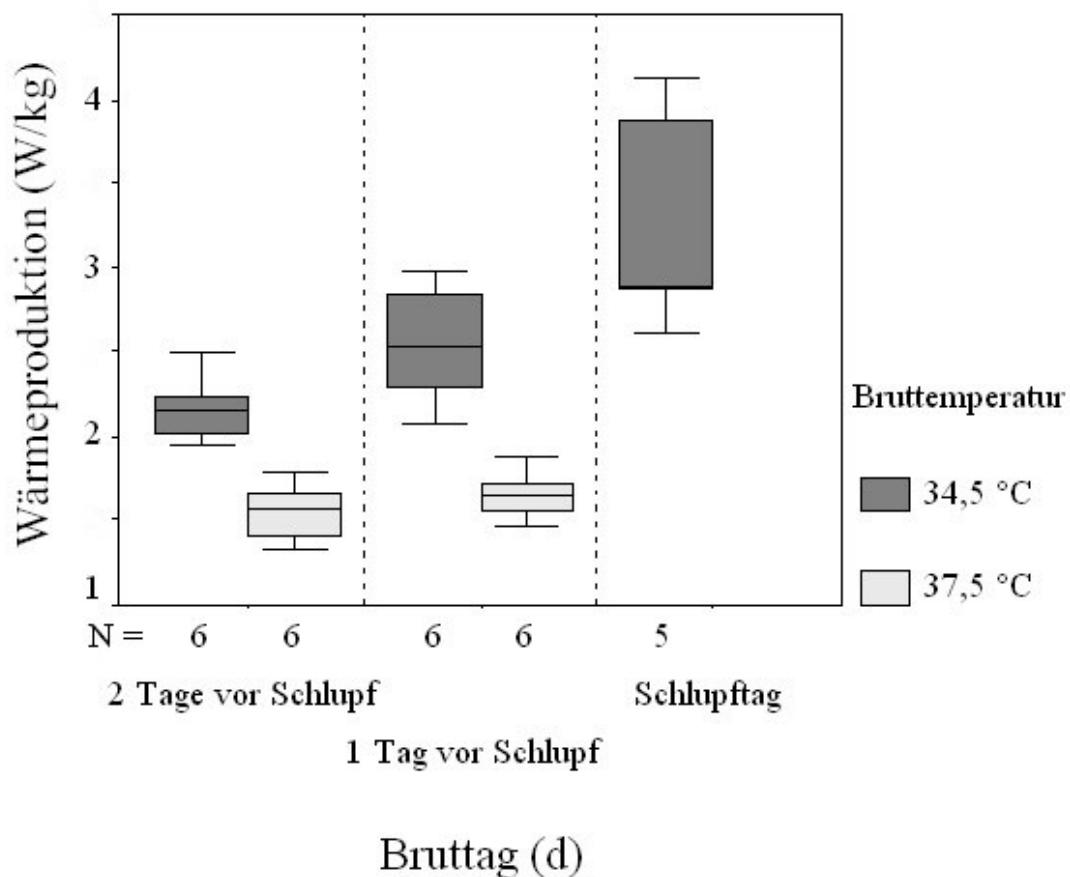


Abbildung 21: Verlauf der Wärmeproduktion der untersuchten kalt und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $31,5^\circ\text{C}$  untersucht.

Bei den kalt erbrüteten Entenembryonen waren die Unterschiede der  $T_K$  der Brutgruppen an beiden dargestellten BT nicht signifikant (VA;  $p > 0,05$ ) (Abbildung 22). Auch ein tendenzieller Unterschied war nicht sichtbar. Zwei Tage vor dem Schlupf lag der Mittelwert der  $T_K$  normal erbrüteten Entenembryonen bei einer  $T_U$  von  $31,5^\circ\text{C}$  um  $0,1^\circ\text{C}$  höher als der der kalt erbrüteten. Am nächsten Tag lag der  $T_K$  Wert der kalt erbrüteten Entenembryonen um  $0,1^\circ\text{C}$  höher.

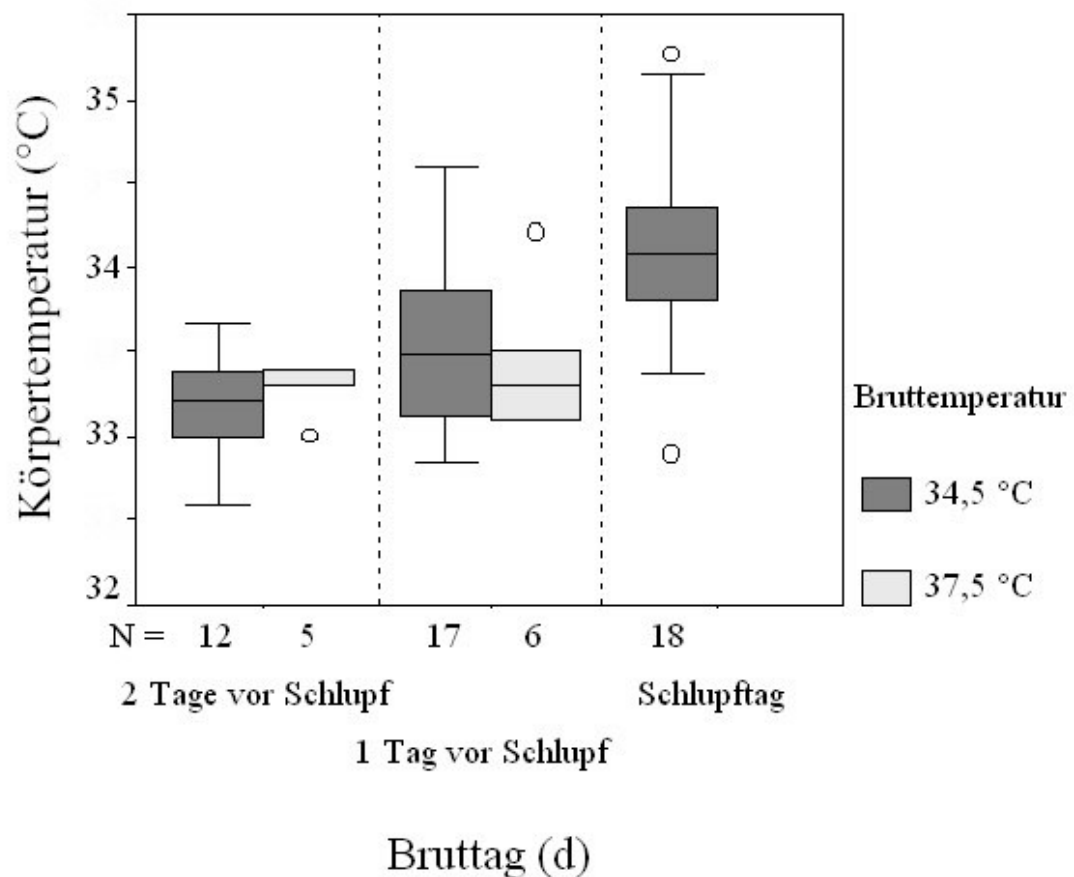


Abbildung 22: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $31,5^\circ\text{C}$  untersucht.

Wie aus Abbildung 23 hervorgeht, lag die  $T_K$  der kalt erbrüteten Hühnerembryonen zwei Tage vor dem Schlupftag sowie einen Tag vor dem Schlupftag nicht signifikant höher als die der normal erbrüteten (VA;  $p > 0,05$ ). Die Differenz der  $T_K$  der normal erbrüteten Hühnerembryonen betrug  $0,2^\circ\text{C}$ . Bei den kalt erbrüteten Hühnerembryonen lag einen Tag vor dem Schlupftag die  $T_K$   $0,3^\circ\text{C}$  höhere als bei den Normalerbrüteten.

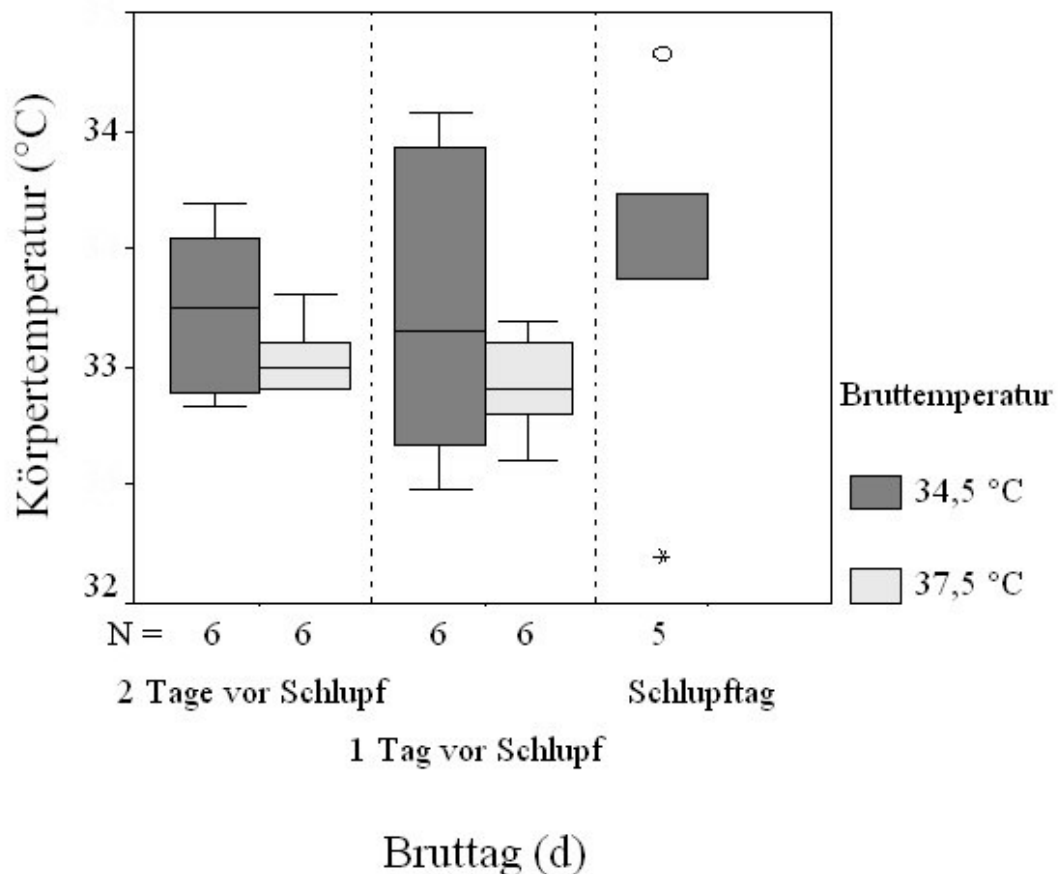


Abbildung 23: Verlauf der Körpertemperatur der untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf. Die Embryonen wurden bei  $31,5^\circ\text{C}$  untersucht.

### 4.3 Reaktivität der Embryonen unter akutem Temperatureinfluss

#### 4.3.1 Ergebnisse aus Kurzzeitversuchen

##### Untersuchung der Embryonen bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

Die Messungen begannen bei den  $T_U$  bei denen die Embryonen bebrütet worden waren. Anschließend wurde die  $T_U$  180 Minuten lang um  $3^\circ\text{C}$  abgesenkt um sie anschließend für 60 Minuten auf das Ausgangsniveau zurückzuführen. Der typische Verlauf eines solchen Kurzzeitversuches ist in Abbildung 24 dargestellt.

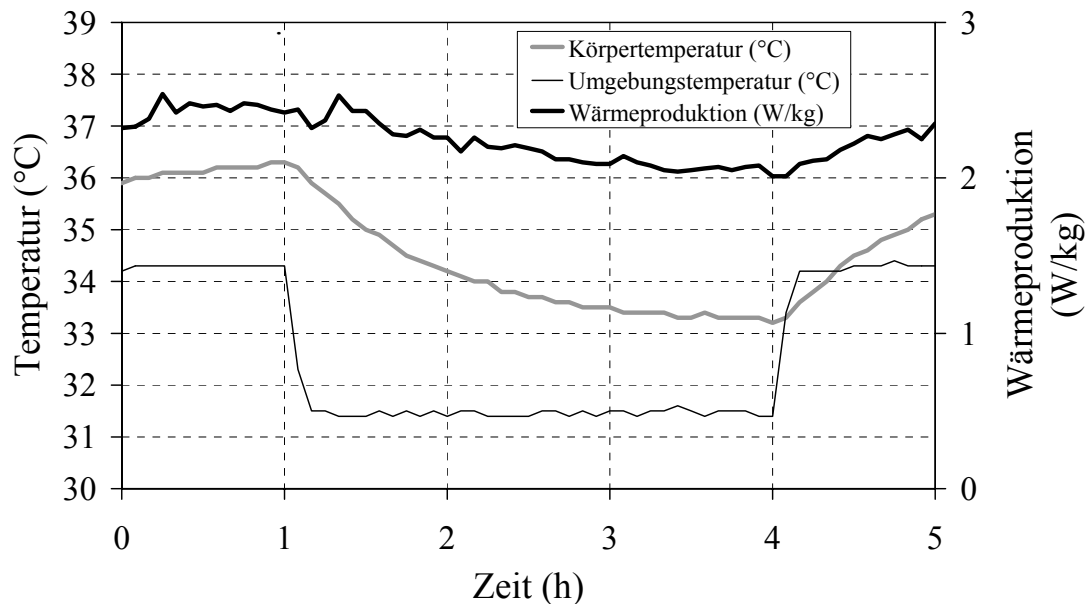


Abbildung 24: Ein typisches Beispiel für den Verlauf der Wärmeproduktion und der Körpertemperatur am Beispiel eines kalt erbrüteten Hühnerembryos am 21. Bruttag. Die Umgebungstemperatur wurde nach einstündiger Aufzeichnung der Messwerte für drei Stunden um  $3^\circ\text{C}$  gesenkt um anschließend wieder auf die Ausgangstemperatur zurückgeführt zu werden.

Die Mittelwerte der WP und  $T_K$  über 60 min vor der  $T_U$ -Senkung und über 30 min am Ende der Senkung wurden miteinander verglichen (Abbildung 25). Die Differenzen der WP der Entenembryonen zwischen der Werten vor und nach einem akuten Temperaturabfall um  $3^\circ\text{C}$  zeigten weder signifikante Unterschiede zwischen der BT noch zwischen den unterschiedlichen  $T_{\text{Brut}}$  (VA;  $p > 0,05$ ). Die WP-Differenzen der kalt

erbrüteten Entenembryonen lagen in einem Bereich von  $-0,55 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  bis  $1,30 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ , die der Normalerbrüteten zwischen  $-0,37 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ , und  $-0,04 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

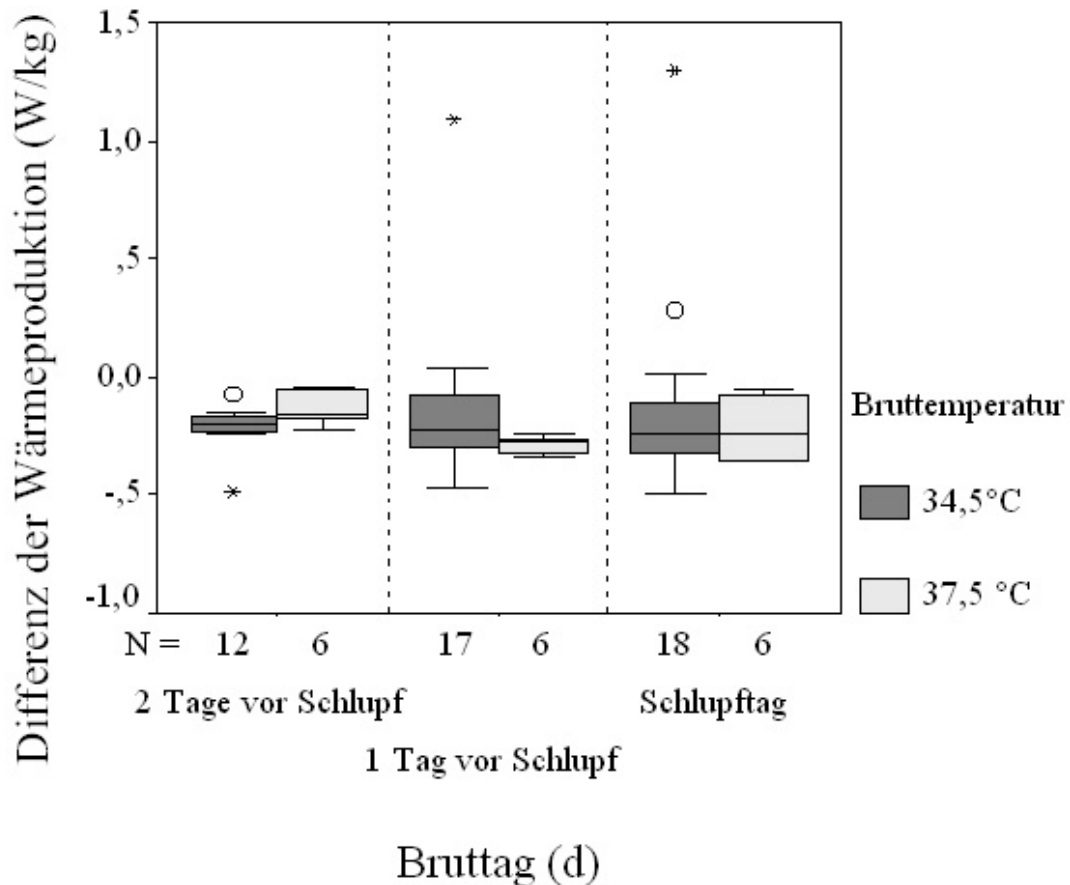


Abbildung 25: Differenzen der Wärmeproduktion zwischen den Werten vor und am Ende einer Umgebungstemperatursenkung um  $3^\circ\text{C}$  bei den untersuchten kalt- und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf

Bei den Hühnerembryonen waren die Unterschiede in den Differenzen der WP vor und nach der  $T_U$ -Senkung zwischen den Brutgruppen zwei Tage vor dem Schlupf signifikant (VA;  $p < 0,05$ ), wobei die Kalterbrüteten einen geringfügig niedrigeren Abfall der WP zeigten (Abbildung 26). An den beiden darauf folgenden BT verringerten sich diese Unterschiede auf ein nicht signifikantes Niveau (VA;  $p > 0,05$ ), blieben aber tendenziell erhalten. Die Streuung nahm bei beiden Brutgruppen zum Schlupf hin zu, war aber bei den Kalterbrüteten deutlich größer. Die WP-Differenzen der kalt erbrüteten Hühnerembryonen lagen in einem Bereich von  $-0,62 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  bis  $0,49 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ , die der normal erbrüteten zwischen  $-0,48 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ , und  $0,04 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

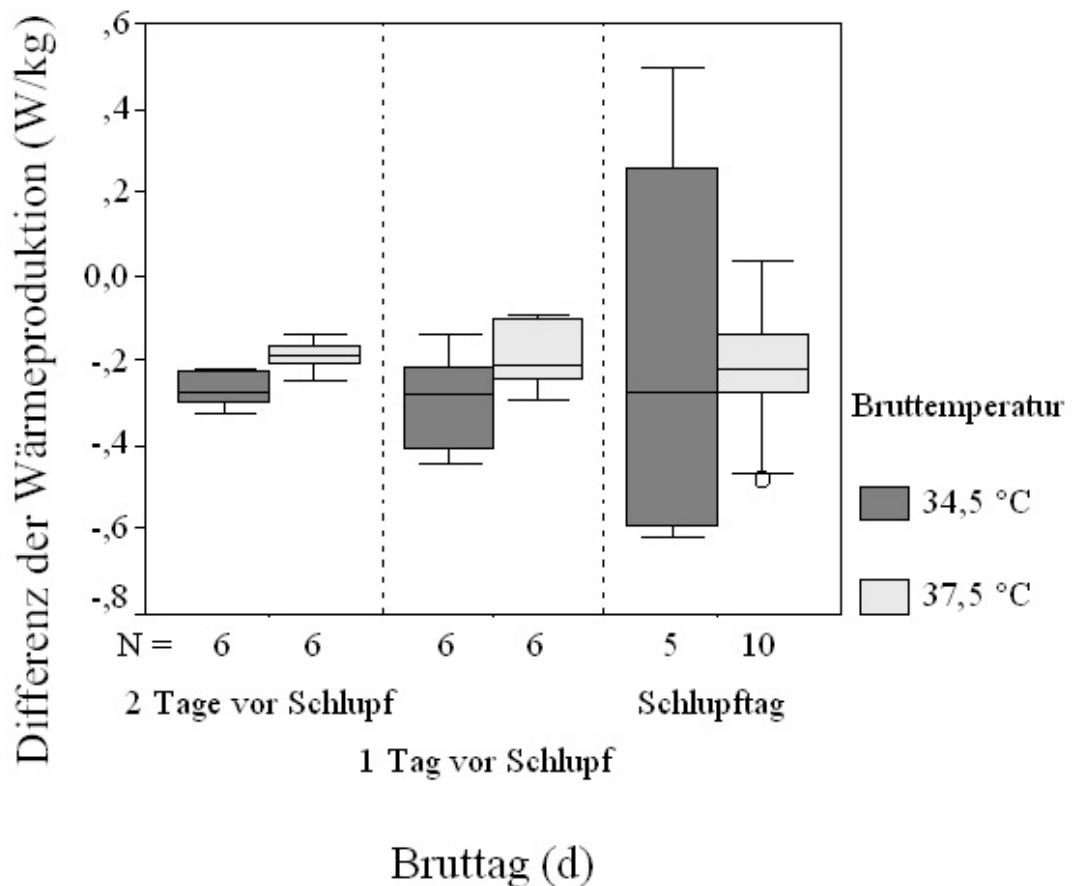


Abbildung 26: Differenzen der Wärmeproduktion zwischen den Werten vor und am Ende einer Umgebungstemperatursenkung um 3°C bei den untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf.

Der Vergleich der Mittelwerte der  $T_K$  von Entenembryonen in den letzten 60 min vor der  $T_U$ -Senkung und in den 30 min an deren Ende ist in Abbildung 27 dargestellt. Weder der BT noch die unterschiedlichen  $T_{Brut}$  zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Mittelwerte der  $T_K$  der Entenembryonen zwischen den Werten vor und nach dem akuten Temperaturabfall um 3°C (VA;  $p > 0,05$ ). Die  $T_K$ -Differenzen der kalt erbrüteten Entenembryonen lagen in einem Bereich von -3,5°C bis -1,9°C und die der Normalerbrüteten zwischen -3,3°C und -2,7°C.

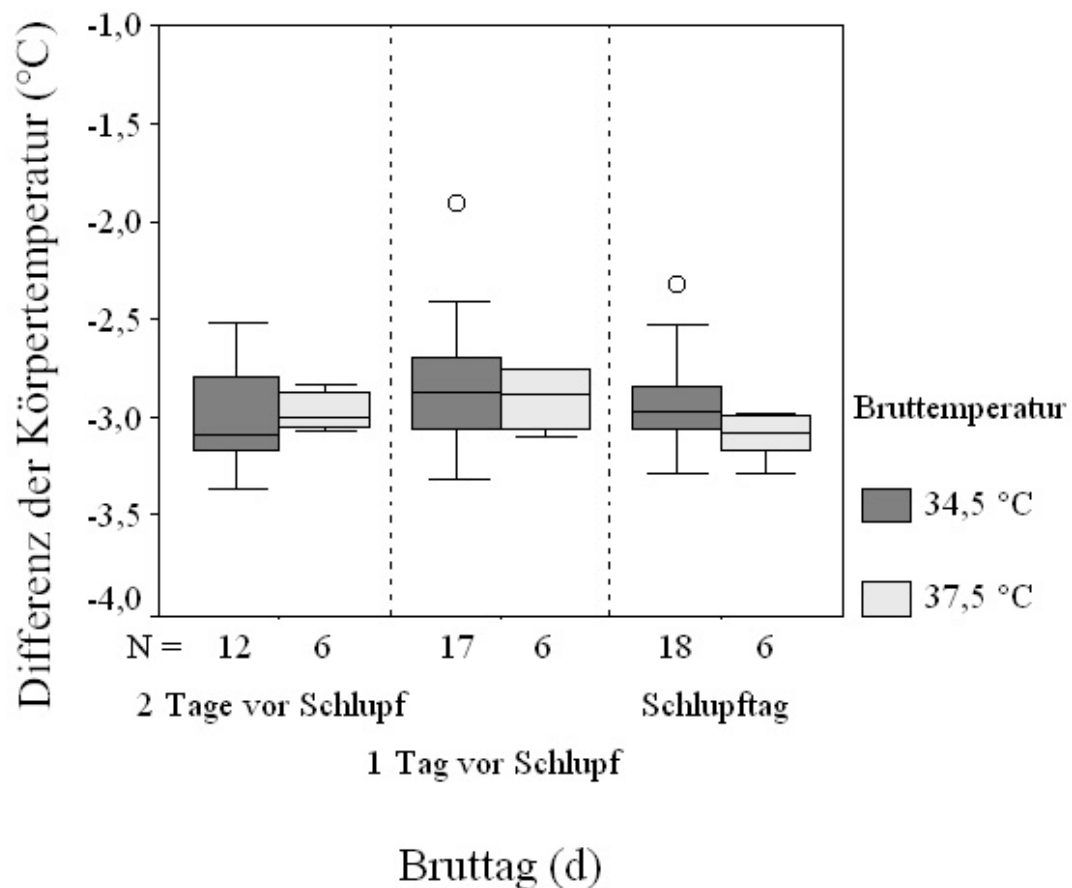


Abbildung 27: Differenzen der Körpertemperatur zwischen den Werten vor und am Ende einer Umgebungstemperatursenkung um 3°C bei den untersuchten kalt- und normal erbrüteten Entenembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf

Bei den Hühnerembryonen waren die Unterschiede in den Differenzen der  $T_K$  vor und nach der  $T_U$ -Senkung zwischen den Brutgruppen zwei Tage vor dem Schlupf signifikant (VA;  $p < 0,05$ ), wobei die Kalterbrüteten einen niedrigeren Abfall der  $T_K$  zeigten (Abbildung 28). An den beiden darauf folgenden BT gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den  $T_{Brut}$  (VA;  $p > 0,05$ ). Die normal erbrüteten Hühnerembryonen wiesen einen geringfügig niedrigeren Abfall der  $T_K$  auf. Die  $T_K$ -Differenzen der kalt erbrüteten Hühnerembryonen lagen in einem Bereich von  $-3,2^\circ\text{C}$  bis  $-2,5^\circ\text{C}$ , die der Normalerbrüteten lagen zwischen  $-3,2^\circ\text{C}$ , und  $-2,5^\circ\text{C}$ .



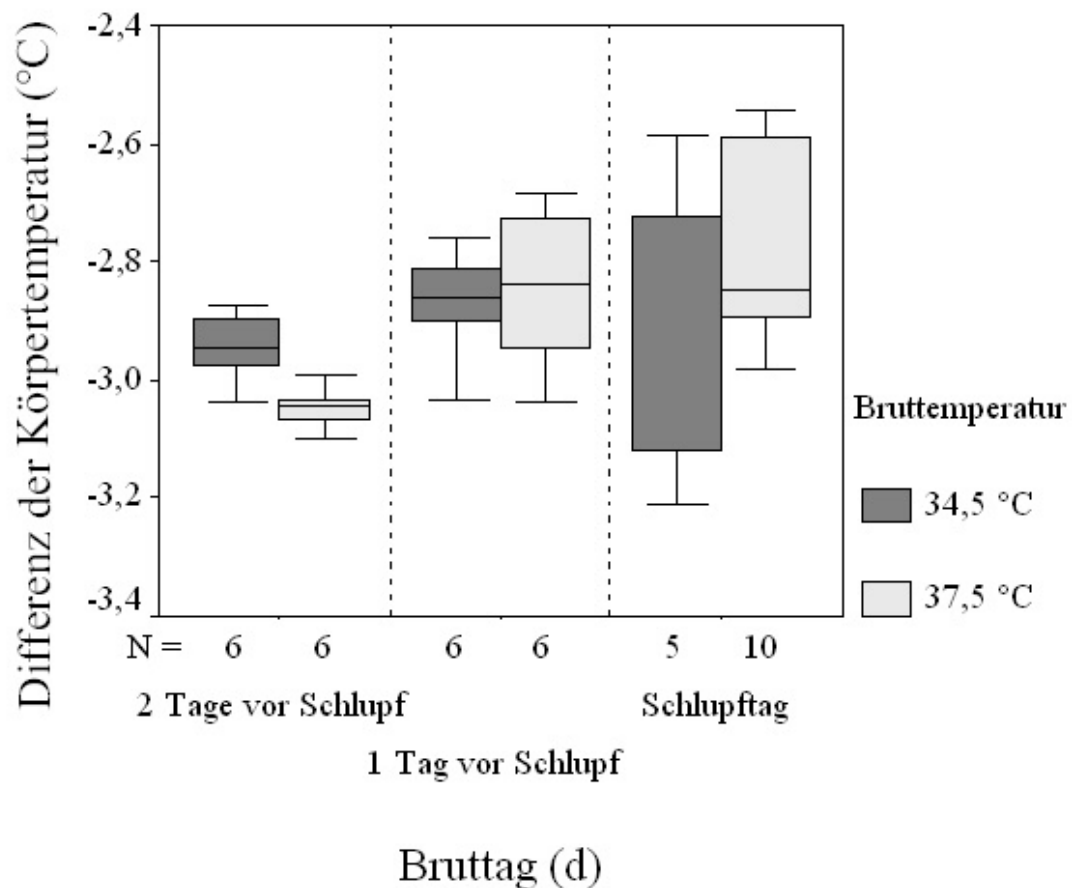


Abbildung 28: Differenzen der Körpertemperatur zwischen den Werten vor und am Ende einer Umgebungstemperatursenkung um 3°C bei den untersuchten kalt- und normal erbrüteten Hühnerembryonen in den letzten drei Tagen vor dem Schlupf

#### Untersuchung der Embryonen im Verlaufe der Senkung der Umgebungstemperatur

Die  $T_U$ -Senkung und der damit verbundene, immer sofort folgende  $T_K$ -Abfall wurde bei den Enten- und Hühnerembryonen in den meisten Fällen von einer WP-Senkung begleitet. Dieser WP Abfall trat bei einem Teil der Tiere schnell nach der  $T_U$ -Senkung auf, bei anderen dauerte es länger bis die WP der  $T_K$  folgte. In wenigen Fällen, besonders in der Nähe des Schlupftermines, fiel die WP während der  $T_U$ -Absenkung nicht ab. Einige Tiere zeigten einen vorübergehenden Anstieg der WP. Die in Abbildung 29 und Abbildung 30 gewählte Darstellung zeigt nicht nur die Differenz der WP vor und am Ende der  $T_U$ -Senkung, sondern veranschaulicht auch den Verlauf, den die WP 5, 10, 15, 30, 60, 120 und 180 min nach  $T_U$ -Senkung nahm.

Je jünger die Embryonen waren, desto schneller folgte die WP der Temperatursenkung und je länger die Senkung der  $T_U$  dauerte, desto weniger Embryonen hielten die WP auf einem konstanten Niveau oder steigerten sie.

Am 30. BT war die WP nach 10 min  $T_U$ -Senkung bei 75% der untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen abgefallen. Bereits 30 min nach der  $T_U$ -Senkung lag die WP aller untersuchten Embryonen unter dem Ausgangswert. Am 32. BT hatten 18,2% der Entenembryonen ihre WP gesteigert. 60 min nach  $T_U$ -Senkung war die WP aller untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen unter dem Ausgangswert. Erstmals am 34. BT blieb die WP bei 6,7% der Entenembryonen (1 Tier) über die gesamte  $T_U$ -Senkung über seinem Ausgangswert. 11, 8% der Embryonen hatten am 36. BT keinen WP Verlust und am Tag des Schlupfes waren es 22,2% der kalt erbrüteten Entenembryonen. Die normal erbrüteten Entenembryonen zeigten den altersabhängigen Anstieg weniger deutlich. Es gab keine Embryonen, die über 180 min  $T_U$ -Senkung ihre WP konstant hielten oder steigerten. In Abbildung 29 ist vergleichend der prozentuale Anteil der kalt erbrüteten und normal erbrüteten Entenembryonen dargestellt, deren WP zu verschiedenen Zeitpunkten nach der  $T_U$ -Senkung nicht abgefallen war.

Zwei Tage vor dem Schlupf hatten 33,3% der kalt erbrüteten Entenembryonen 60 min nach  $T_U$ -Senkung ihre WP gesteigert. Demgegenüber steigerten nur 16,7% der Normalerbrüteten ihre WP. 120 min nach  $T_U$ -Senkung steigerten 8,3% der Kalterbrüteten und keiner der normal erbrüteten Embryonen ihre WP. Einen Tag vor dem Schlupf hatten die kalt erbrüteten Entenembryonen nach 120 min bzw. 180 min nach der  $T_U$ -Senkung zu 17,6% bzw. 11,8% ihre WP gesteigert, wohingegen bei den Normalerbrüteten kein Anstieg der WP-Werte nach 120 oder 180 min auftrat. Die normal erbrüteten Entenembryonen hatten am Schlupftag 60 min nach  $T_U$ -Senkung ihre WP gesenkt, während 50% der Kalterbrüteten zu diesem Zeitpunkt ihre WP gesteigert hatten und 22,4% dieser Embryonen 180 min nach  $T_U$ -Senkung die höheren WP-Werte besaßen.

Betrachtet man den prozentualen Anteil der Hühnerembryonen (Abbildung 30), die nach einer  $T_U$ -Senkung die WP steigern, ist der Effekt des Kalterbrütens in den Tagen vor dem Schlupf weniger deutlich. Ausschließlich am Schlupftag waren 40% der kalt erbrüteten Hühnerembryonen in der Lage, ihre WP über die 180minütige  $T_U$ -Senkung zu steigern.

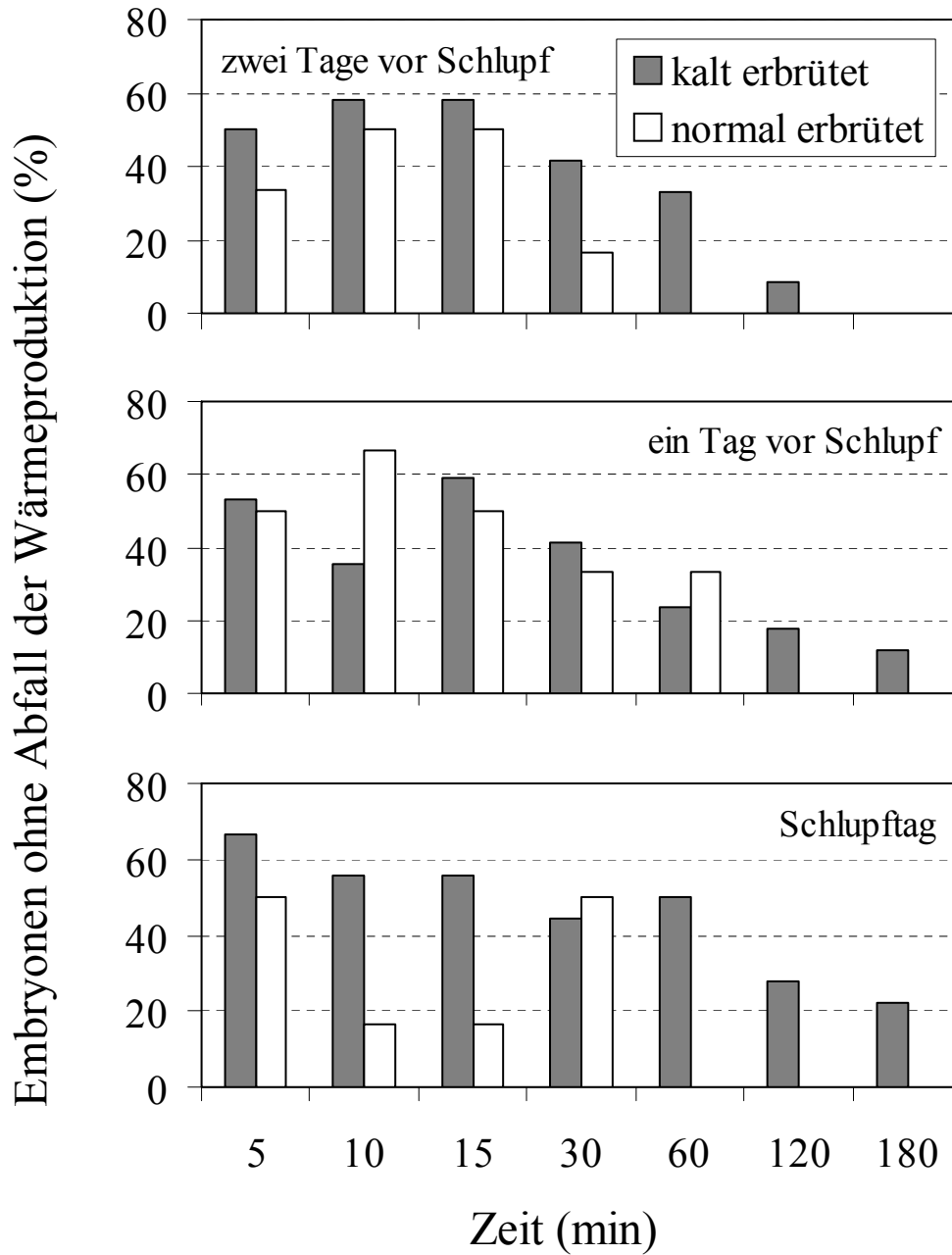


Abbildung 29: Prozentualer Anteil der kalt erbrüteten und normal erbrüteten Entenembryonen, deren Wärmeproduktion zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Senkung der Umgebungstemperatur nicht abgefallen war. Das obere Diagramm zeigt die Entenembryonen zwei Tage vor dem Schlupf, das mittlere einen Tag vor dem Schlupf und das untere am Schlupftag.

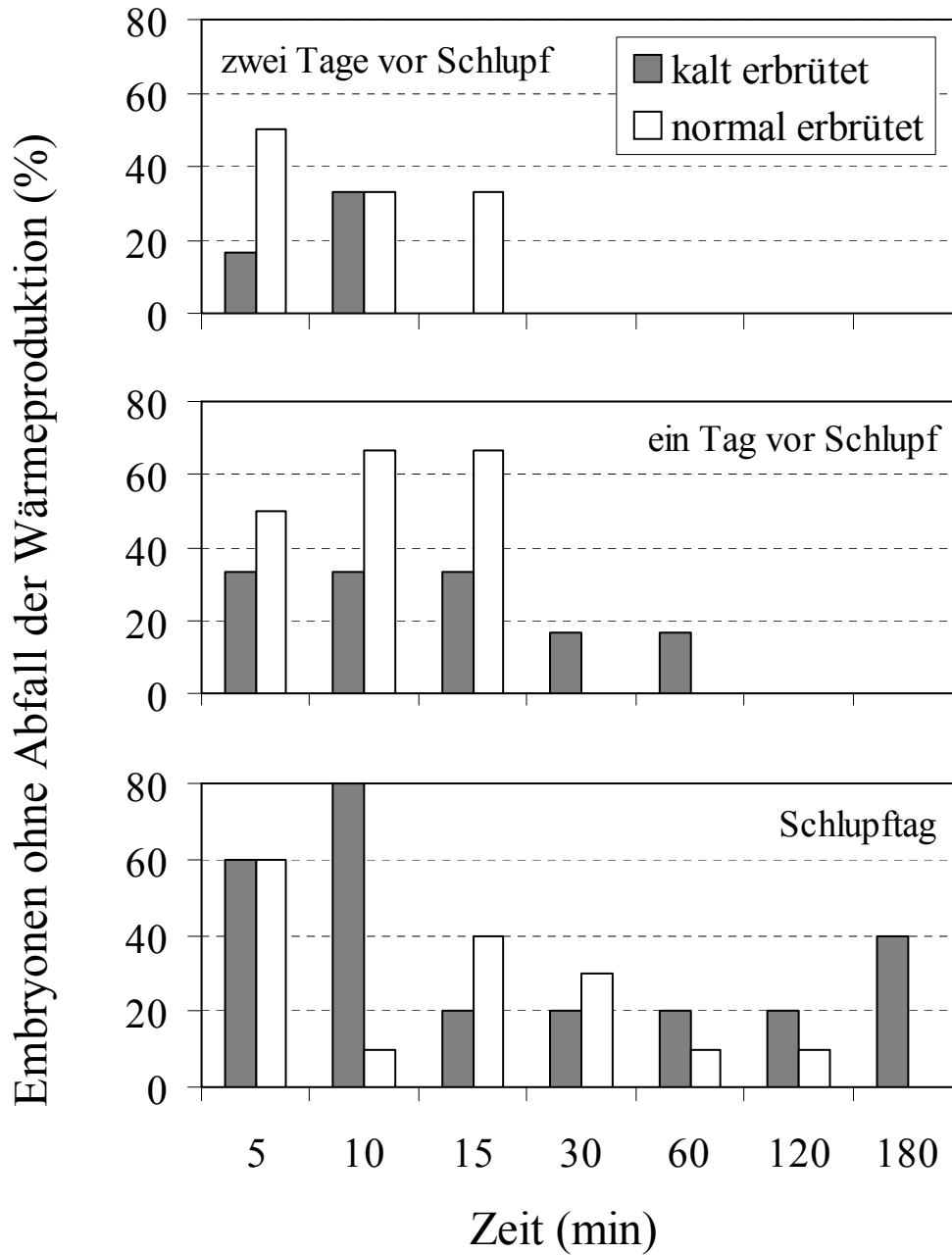


Abbildung 30: Prozentualer Anteil der kalt erbrüteten und normal erbrüteten Hühnerembryonen, deren Wärmeproduktion zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Senkung der Umgebungstemperatur nicht abgefallen war. Das obere Diagramm zeigt die Hühnerembryonen zwei Tage vor dem Schlupf, das mittlere einen Tag vor dem Schlupf und das untere am Schlupftag.

### 4.3.2 Beschreibungen von Langzeitversuchen

Langzeituntersuchungen ohne und mit dreistündiger  $T_U$ -Absenkung um  $3^\circ\text{C}$  wurden an 49 Entenembryonen durchgeführt. Sie sollten Auswirkungen von akuten Temperaturabsenkungen, die außerhalb des Untersuchungszeitraumes von Kurzzeitversuchen auftreten könnten, aufzeigen. Die Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt exemplarisch mit Hilfe beschreibender Statistik dargestellt.

Die WP des in Abbildung 31 dargestellten Entenembryos stieg während der gesamten Versuchsdauer von 50 h kontinuierlich von  $3,09 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  am 36. BT (8:00 Uhr) über  $4,04$  nach 40 h auf  $5,17 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  am 38. BT (10:00 Uhr) an. Unterbrochen wurde dieser Anstieg durch vorübergehende Absenkungen der WP. Diese traten im zeitlichen Zusammenhang mit zwei Absenkungen der  $T_U$  am 36. und 37. BT um jeweils  $3^\circ\text{C}$  für 3 h auf. Die Minima der WP während dieser Absenkungen lagen bei  $2,68 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  bzw.  $3,34 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  und somit um  $0,49 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  bzw.  $38 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  unter den Ausgangswerten vor der Absenkung.

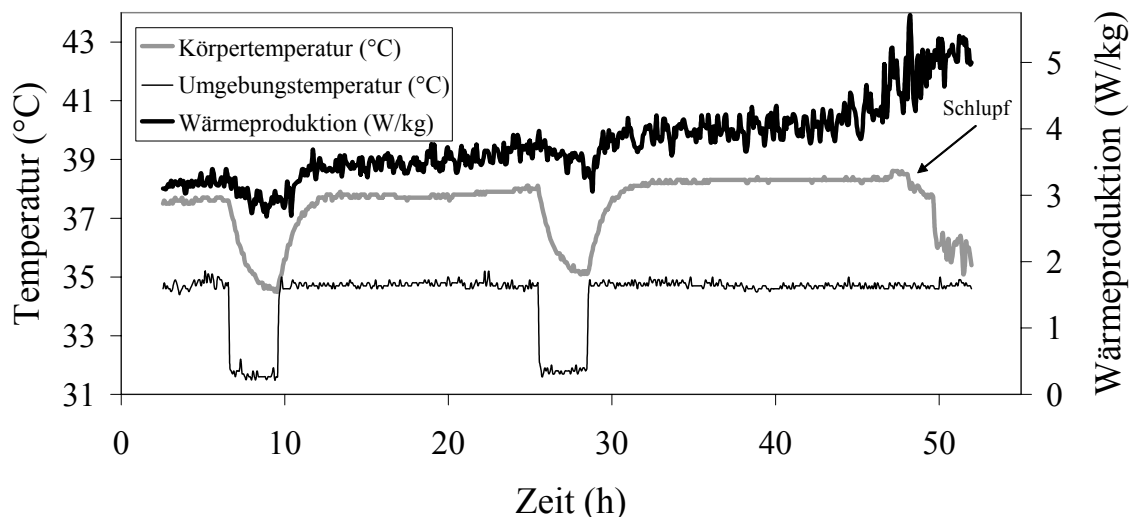


Abbildung 31: Langzeitexperiment bei einem kalt erbrüteten Entenembryo bei der Adaptationstemperatur von  $34,5^\circ\text{C}$ . Die Messung begann am 35. Bruttag, ca. 50 h vor dem Schlupf. Im Abstand von 17 h wurde die Umgebungstemperatur zweimal für jeweils 3 h um  $3^\circ\text{C}$  gesenkt.

Der starke Anstieg der WP, verbunden mit einem deutlichen Abfall der  $T_K$  traten zeitgleich mit dem Schlupf des Tieres im Verlauf des Experiments auf. Die  $T_K$  stieg im Verlauf des

gesamten Versuches von  $37,4 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$  auf  $38,3 \pm 0,04^{\circ}\text{C}$  nach 40 h um anschließend auf  $35,9 \pm 0,41^{\circ}\text{C}$  abzufallen. Während der  $T_U$  Absenkungen fiel sie, der  $T_U$  allmählich folgend, um  $2,2^{\circ}\text{C}$  bzw.  $2,8^{\circ}\text{C}$  ab, um nach dem Rückführen in die Ausgangs- $T_U$  innerhalb von ca. 1h bzw. 2 h und 20 min Minuten wieder ihr Ausgangsniveau zu erreichen.

Während jüngere Entenembryonen bis zum 32 BT gleichzeitig mit einer Senkung der  $T_U$  ausnahmslos einen WP Abfall zeigten, traten ab dem 34. BT unter solchen Bedingungen unveränderte Verläufe der WP oder sogar WP Anstiege (Abbildung 32) auf. Bei normal erbrüteten Entenembryonen trat an allen untersuchten Tagen während der  $T_U$  Absenkung WP Abfälle auf.

Die kalt erbrüteten Hühnerembryonen zeigten während der mit ihnen durchgeführten Kurzzeitversuchen am Schlupftag ebenfalls bei 40% der  $T_U$  Absenkungen einen Anstieg der WP.

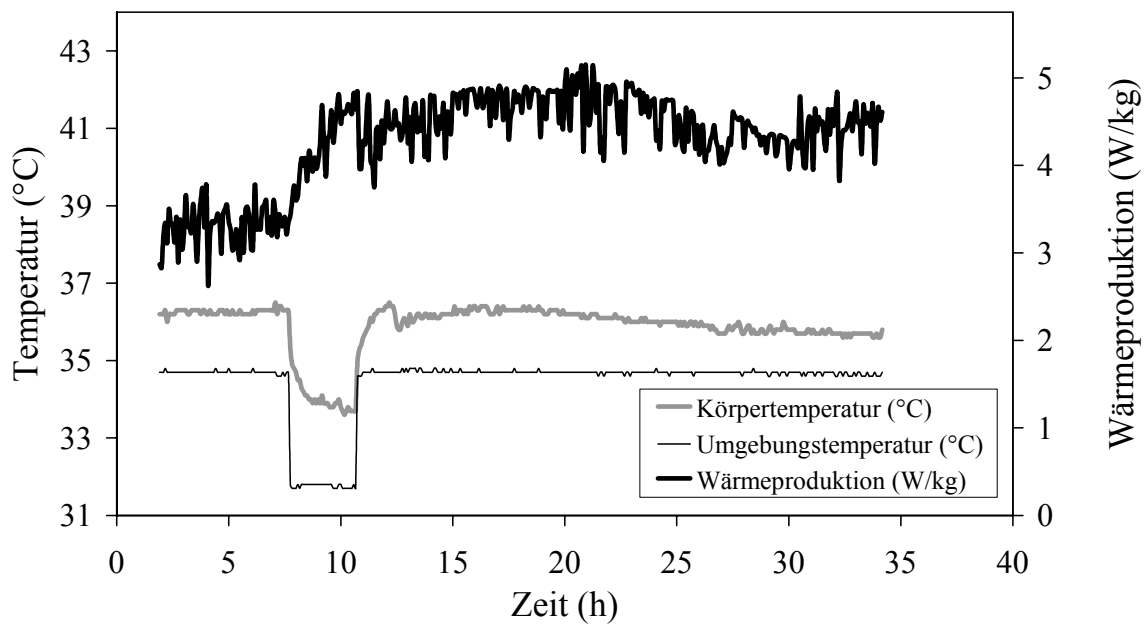


Abbildung 32: Langzeitexperiment bei einem kalt erbrüteten Entenembryo bei der Adaptationstemperatur von  $34,5^{\circ}\text{C}$ . Die Messung begann am 26. Bruttag, ca. 50 h vor dem Schlupf. Nach 8 h wurde die Umgebungstemperatur für 3 h um  $3^{\circ}\text{C}$  gesenkt.

#### 4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

##### 4.4.1 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedlicher Bruttemperaturen) auf die Brutdauer

Die Brutdauer war bei den kalt erbrüteten Vogelembryonen verlängert. Die kalt erbrüteten Enten schlüpften am 37. BT statt am 35. BT, die kalt erbrüteten Hühner am 24. BT statt am 22. BT.

Sowohl die Enten- als auch die Hühnerembryonen steigerten die WP mit zunehmendem Alter.

Phasen mit einem geringen Anstieg der WP traten bei der gewählten  $T_{\text{Brut}}$  von  $34,5^{\circ}\text{C}$  bei den Entenembryonen vom Beginn der Messung am 30. BT bis zum 34. BT und beim Huhn vom 19. bis 22. BT auf. Die Plateauphase trat bei den kalt erbrüteten Embryonen später auf als bei den normal erbrüteten Embryonen. Diese Beobachtung korrespondiert mit der verlängerten Brutdauer der kalt erbrüteten Embryonen.

##### 4.4.2 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedliche Bruttemperaturen) auf die Wärmeproduktion bei Enten- und Hühnerembryonen

Vergleicht man die WP der kalt ( $34,5^{\circ}\text{C}$ ) und die normal ( $37,5^{\circ}\text{C}$ ) erbrüteten Embryonen bei einer  $T_{\text{U}}$  von  $37,5^{\circ}\text{C}$  miteinander, so wiesen die Kalterbrüteten eine höhere WP auf. Diese Beobachtung wiederholte sich bei einer  $T_{\text{U}}$  von  $34,5^{\circ}\text{C}$  und  $31,5^{\circ}\text{C}$ . Wurden die beiden Brutgruppen bei ihrer jeweiligen  $T_{\text{Brut}}$  untersucht, so unterschieden sich die Wärmeproduktionswerte der beiden Gruppen nicht signifikant voneinander obwohl die kalt erbrüteten Embryonen einer  $3^{\circ}\text{C}$  kälteren  $T_{\text{U}}$  ausgesetzt waren.

Bei einer  $T_{\text{U}}$  von  $37,5^{\circ}\text{C}$  lag die WP der kalt erbrüteten Hühnerembryonen sowohl 2 Tage vor dem Schlupf als auch am Schlupftag signifikant höher als die der Normalerbrüteten.

Bei einer  $T_{\text{U}}$  von  $34,5^{\circ}\text{C}$  lagen die Wärmeproduktionswerte der kalt erbrüteten Vogelembryonen beiden Arten an allen drei untersuchten Tagen über den Wärmeproduktionswerten der Normalerbrüteten. 2 Tage vor dem Schlupf war der Unterschied bei den Entenembryonen signifikant. Der Unterschied zwischen den  $T_{\text{Brut}}$  bei den Hühnerembryonen war an allen drei Tagen signifikant.

Bei einer  $T_U$  von  $31,5^\circ\text{C}$  blieben die Mittelwerte der WP der kalt erbrüteten Enten- und Hühnerembryonen 2 Tage vor dem Schlupf und 1 Tag vor dem Schlupf über denen der Normalerbrüteten. Bei den Hühnerembryonen war dieser Unterschied signifikant. Die  $T_{\text{Brut}}$  hatte auf die  $T_K$  der Enten- und Hühnerembryonen keinen signifikanten Einfluss.

Wurden die Embryonen bei ihrer Adaptationstemperatur ( $T_{\text{Brut}}$  ist gleich  $T_U$ ) untersucht, unterschieden sich die Wärmeproduktionswerte der normal und der kalt erbrüteten Enten- und Hühnerembryonen in der Plateauphase nicht signifikant voneinander. Der Verlauf der WP der Kalterbrüteten erschien zeitlich verzögert. Vergleicht man die Wärmeproduktionswerte der beiden  $T_{\text{Brut}}$  am Schlupftag miteinander, unterschieden auch sie sich nur gering voneinander.

#### **4.4.3 Einfluss chronischer Temperaturen (unterschiedliche Bruttemperaturen) auf die Körpertemperatur bei Enten- und Hühnerembryonen**

Die  $T_K$  spiegelt die Umgebungstemperaturunterschiede wieder, d.h. die kalt erbrüteten Embryonen haben im Durchschnitt eine um  $3^\circ\text{C}$  geringere  $T_K$ .

Bei einer  $T_U$  von  $37,5^\circ\text{C}$  lag die  $T_K$  der kalt erbrüteten Hühnerembryonen tendenziell höher als die der Normalerbrüteten, unterschied sich jedoch nur 2 Tage vor dem Schlupf signifikant.

Bei einer  $T_U$  von  $34,5^\circ\text{C}$  zeigten die Körpertemperaturwerte der Entenembryonen ein uneinheitliches Bild: 2 Tage vor den Schlupf lag die  $T_K$  der kalt erbrüteten Entenembryonen nicht signifikant höher, an den beiden folgenden Tagen lag sie signifikant höher. Die kalt erbrüteten Hühnerembryonen wiesen bei einer  $T_U$  von  $34,5^\circ\text{C}$  durchgehend tiefere  $T_K$  auf. Die Unterschiede steigerten sich zum Schlupf hin und waren nur am Schlupftag signifikant.

Bei einer  $T_U$  von  $31,5^\circ\text{C}$  hatte die  $T_{\text{Brut}}$  auf die  $T_K$  der Enten- und Hühnerembryonen keinen signifikanten Einfluss. Die  $T_K$  der Hühnerembryonen, die einer kalten  $T_{\text{Brut}}$  ausgesetzt waren, hatten die tendenziell höhere  $T_K$ .

Wurden die Embryonen bei ihrer Adaptationstemperatur ( $T_{\text{Brut}}$  ist gleich  $T_U$ ) untersucht, so spiegelte die  $T_K$  die Umgebungstemperaturunterschiede wieder. Der Anstieg der  $T_K$  zum Schlupf hin war weniger ausgeprägt als bei der WP.



#### 4.4.4 Einfluss der Bruttemperatur auf die Reaktivität der Embryonen

Der prozentuale Anteil der Embryonen die auf eine akute, dreistündige Umgebungstemperatur-Senkung ihre WP steigerten, war bei Entenembryonen mit Kälteerfahrung deutlich erhöht.

Sowohl bei den kalt- als auch bei den normal erbrüteten Entenembryonen hatten das Brutalter und die  $T_{\text{Brut}}$  keinen signifikanten Einfluss auf die Differenz der WP vor und am Ende der Senkung der  $T_{\text{U}}$  im Versuchsverlauf.

Bei den Hühnerembryonen zeigten die Kalterbrüteten tendenziell einen geringfügig niedrigeren Abfall der WP im Versuchsverlauf. Zwei Tage vor dem Schlupf war der Einfluss der  $T_{\text{Brut}}$  signifikant.

Weder BT noch die unterschiedlichen  $T_{\text{Brut}}$  zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Mittelwerte der  $T_{\text{K}}$  der Entenembryonen zwischen der Werten vor und nach dem akuten Temperaturabfall um 3°C.

Bei den Hühnerembryonen waren die Unterschiede in den Differenzen der  $T_{\text{K}}$  zwischen den  $T_{\text{Brut}}$  uneinheitlich. Zwei Tage vor dem Schlupf zeigten die Kalterbrüteten einen signifikant niedrigeren Abfall der  $T_{\text{K}}$ . An den beiden darauf folgenden BT gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den  $T_{\text{Brut}}$ . Die normal erbrüteten Hühnerembryonen wiesen einen geringfügig niedrigeren Abfall der  $T_{\text{K}}$  auf.

Der Verlauf, den die WP (5, 10, 15, 30, 60, 120 und 180 min) nach  $T_{\text{U}}$ -Senkung nahm, war abhängig vom BT und der Dauer der  $T_{\text{U}}$ -Senkung. Je jünger die Embryonen waren, desto schneller folgte die WP der Temperatursenkung und je länger die Senkung der  $T_{\text{U}}$  dauerte, desto weniger Embryonen hielten oder steigerten ihre WP.

Am 30. BT lag die WP aller untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen bereits 30 min nach der  $T_{\text{U}}$ -Senkung unter dem Ausgangswert. Dagegen hatten am 32. BT 18,2% der Entenembryonen ihre WP zu diesem Zeitpunkt gesteigert und erst 60 min nach  $T_{\text{U}}$ -Senkung war die WP aller untersuchten kalt erbrüteten Entenembryonen unter dem Ausgangswert. Eine WP Steigerung über die gesamte  $T_{\text{U}}$ -Senkung war erstmals am 34. BT bei 6,7% der Entenembryonen (1 Tier) sichtbar. 11, 8% der Embryonen hatten am 36. BT keinen WP Verlust und am Tag des Schlupfes waren es 22,2% der kalt erbrüteten Entenembryonen, während die normal erbrüteten Entenembryonen den altersabhängigen Anstieg der WP weniger deutlich zeigten und es hier keine Embryonen gab, die über 180 min  $T_{\text{U}}$ -Senkung ihre WP hielten oder steigerten.