

# Spermamerkmale bei Hannoveraner Deckhengsten

Maren Gottschalk<sup>1</sup>, Harald Sieme<sup>2</sup>, Gunilla Martinsson<sup>3</sup> und Ottmar Distl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

<sup>2</sup> Reproduktionsmedizinische Einheit der Kliniken, Klinik für Pferde, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

<sup>3</sup> Niedersächsisches Landgestüt Celle

**Zusammenfassung:** In der vorliegenden Studie wurden die Spermaqualitätsmerkmale Ejakulatvolumen, Spermiedichte, Gesamtspermienzahl, Vorwärtsmotilität und Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien von 106 Hannoveraner Hengsten des Niedersächsischen Landgestütes Celle untersucht. Insgesamt gingen 13.855 Frischsamenprotokolle aus den Jahren 2009 und 2010 in die Auswertungen ein. Mittels gemischter Modelle wurden die fixen Einflüsse von Absamjahr, Absammonat, Station und Altersklasse des Hengstes sowie der zufällige Effekt des Hengstes auf Signifikanz überprüft. Die fixen Effekte Absammonat, Station und Altersklasse des Hengstes ergaben für alle ausgewerteten Spermparameter signifikante Ergebnisse. Das Absamjahr hatte mit Ausnahme des Ejakulatvolumens einen signifikanten Einfluss auf die ausgewerteten Merkmale. Mit Ausnahme der Dichte zeigten sich die höchsten Werte für die Spermamerkmale in den Absammonaten Juni bis August, die höchste Dichte trat in den Monaten Januar bis März auf. Der zufällige Effekt Hengst hatte einen Anteil von 43 bis 62% an der Gesamtvarianz der Spermparameter. Über ein erweitertes Analysemodell mit den Interaktionseffekten Hengst innerhalb Absamjahr, Absammonat und Station konnte ein Anstieg des relativen Varianzanteils für den zufälligen Effekt Hengst auf 55–65% gezeigt werden. Die Interaktionseffekte für Hengst und Absamjahr beliefen sich auf 6–14%, für Hengst und Station auf 8–15% und für Hengst und Absammonat auf 3–8%. Die Ergebnisse zeigen, dass die Spermaqualität überwiegend vom Hengst bestimmt wird und dass signifikante Interaktionen zwischen Hengsten und Umweltfaktoren zu Variationen in den Spermparametern beitragen.

**Schlüsselwörter:** Hengst / Spermaqualität / gemischte Modelle / Interaktionseffekte / Varianz

## Semen traits of Hanoverian commercial stud stallions

In the present study, the semen quality traits gel-free volume, sperm concentration, total number of sperm, progressive motility and total number of motile sperm of 106 Hanoverian stallions of the National Stud Celle were investigated. In total 13.855 fresh semen reports of the years 2009 and 2010 were used for analysis. Mixed linear models were employed to estimate significance for the fixed effects of year, month, breeding station and age class of the stallion as well as the random effect of the stallion. The systematic effects of month, breeding station and age class of the stallion were significant for all semen traits. The year of semen collection showed significant influence on all semen traits but gel-free volume. Except for the sperm concentration the highest values for the semen traits were shown in the months June to August, the highest sperm concentration was in January to March. The random effect of the stallion accounted for 43 to 63% on the total variance of the semen traits. An extended model with the interactions of stallion by year, month and breeding station increased the relative proportions of stallion specific effects to 55–65%. The interaction effects among stallion and year amounted to 6–14%, the interaction effects among stallion and breeding station to 8–15% and among stallion and month to 3–8%. In conclusion, semen quality is mainly determined by the stallion and in addition, significant interactions among stallions and environmental factors contribute to variations in semen traits.

**Keywords:** stallion / semen quality / mixed models / interaction effects / variance

**Zitation:** Gottschalk M., Sieme H., Martinsson G., Distl O. (2015) Spermamerkmale bei Hannoveraner Deckhengsten. *Pferdeheilkunde* 31, 357-362

**Korrespondenz:** Maren Gottschalk, Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17p, 30559 Hannover, E-Mail: maren.gottschalk@tiho-hannover.de

## Einleitung

Die Spermaqualität bei Hengsten variiert in Abhängigkeit von Umwelteffekten und hengstspezifischen Einflüssen (Ducro et al. 2011, Labitzke et al. 2013, 2014). Der saisonale Einfluss ist beim Hengst deutlich ausgeprägt und führt zu einem weitgehend auf die Monate Februar bis Mitte August begrenzten Deckeinsatz in der nördlichen Hemisphäre. Um eine gleichbleibend hohe Spermaqualität bei den Besamungshengsten innerhalb der Decksaison zu erreichen, sollten insbesondere jene Einflüsse bekannt sein, die zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Spermaqualität führen. Mit der Einführung der künstlichen Besamung wurden die Parameter zur Beurteilung von Ejakulaten festgelegt. Routinemäßig werden für jedes Ejakulat das makroskopische Erscheinungsbild, das

Volumen, die Dichte, die Gesamtspermienzahl und die Spermienmotilität untersucht (Sieme 2009).

Innerhalb der Decksaison sind bei Hengsten Ejakulatvolumen und Spermienmotilität am höchsten (Magistrini et al. 1987). In den Monaten Juni bis August sind Gesamtspermienzahl, Ejakulatvolumen und Spermienmotilität signifikant höher als in den Monaten Dezember bis Februar. Die Dichte verhält sich gegenläufig (Janett et al. 2003). Bei einer Untersuchung an 30 Hannoveraner Hengsten waren während der Sommermonate die Ejakulatvolumina höher, die Gesamtspermienzahl jedoch geringer. Saisonale Schwankungen in der Dichte und Gesamtspermienzahl sind wahrscheinlich auf die Spermato-geneseaktivität zurückzuführen. So konnte Johnson (1991) an 43 Hengsten im Alter von 4 bis 20 Jahren zeigen, dass die tägliche Spermaproduktion während der Decksaison (Mai bis

Juli) deutlich höher war als außerhalb der Decksaison (November bis Januar).

Eine tägliche Samenentnahme während der Decksaison führt zu einer Verbesserung der Spermaqualität (Sieme et al. 2004). Hierbei sind ein bis zwei Samenentnahmen pro Tag und Hengst aufgrund der täglichen Produktion von Samenzellen und extragonadaler Spermienreserven möglich, ohne dass eine negative Beeinflussung der Spermaqualität festgestellt werden kann (Amann et al. 1978). Eine hohe Ejakulationsfrequenz reduziert zwar Volumen und Dichte des Ejakulates, die Motilität der Spermien wird jedoch verbessert (Magistrini et al. 1987).

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass die Rasse des Hengstes einen signifikanten Einfluss auf die Spermaqualität hat (Dowsett und Pattie 1982, Rousset et al. 1987, Dowsett und Knott 1996, Paccamonti et al. 1999). So sind bei Miniaturhengsten geringere Gesamtspermienzahlen zu erwarten als bei Hengsten großwüchsiger Rassen (Paccamonti et al. 1999). Ähnliche Ergebnisse erzielten auch Dowsett und Knott (1996), die bei Ponies und Shetland Ponies im Vergleich zu 7 weiteren Rassen eine geringere Gesamtspermienzahl feststellten. Dichte und Gesamtspermienzahl waren beim Arabischen Vollblut am höchsten, während Appaloosas und Traber die niedrigsten Werte für diese Spermamerkmale aufwiesen.

Die Spermaproduktion bei Hengsten im Alter von 2 bis 3 Jahren ist tendenziell niedriger als bei 4- bis 20-jährigen Hengsten. Junghengste haben ihre maximale Spermienbildungskapazität noch nicht erreicht, da es erst mit fortschreitendem Alter zu einer Zunahme des Hodengewebes mit einer gesteigerten Spermienbildungskapazität kommt (Johnson und Thompson 1983).

Von ähnlichen Ergebnissen bezüglich des Alterseinflusses berichteten Dowsett und Pattie (1982) in einer Studie an 47 Hengsten im Alter von 2 bis 26 Jahren sowie Dowsett und Knott (1996) in einer Untersuchung an 168 Hengsten. Hengste mit 2 bis 3 Jahren wiesen ein geringeres Ejakulatvolumen, eine geringere Dichte und Gesamtspermienzahl auf als Hengste mit 5 bis 13 Jahren. Eine weitere Studie bestätigte den Einfluss des Alters auf die Gesamtspermienzahl. Hengste im Alter von 2 bis 3 Jahren wiesen geringere Gesamtspermienzahlen auf als ältere Hengste (Squires et al. 1978). Im Gegensatz dazu ergab sich bei 30 Warmbluthengsten im Alter von 4 bis 26 Jahren kein signifikanter Einfluss des Alters auf die Gesamtspermienzahl (Labitzke et al. 2013). Nach Roser (2001) wird die Spermienproduktion wesentlich durch hormonelle Einflüsse bestimmt. Mit zunehmendem Alter haben insbesondere sinkende Testosteronspiegel und degenerative Veränderungen des Hodengewebes Einfluss auf die Fruchtbarkeit.

Die Spermaqualität variierte signifikant zwischen Hengsten innerhalb derselben Rasse (Rousset et al. 1987, Parlevliet et al. 1994, Van Eldik et al. 2006, Labitzke et al. 2013, 2014). Mögliche Ursachen hierfür sind gleichbleibende hengstspezifische und genetische Effekte (Pickett et al. 1976, Rousset et al. 1987, Pattie und Dowsett 1982, Parlevliet et al. 1994, Van Eldik et al. 2006, Ducro et al. 2011, Labitzke et al. 2014). Bei Junghengsten des holländischen Warmbluts zeig-

ten sich zwischen väterlichen Halbgeschwistern signifikante Unterschiede in den Parametern Ejakulatvolumen, vorwärtsbewegliche Spermien und Dichte (Parlevliet et al. 1994). Van Eldik et al. (2006) fanden bei 285 Shetlandpony Hengsten Heritabilitäten ( $h^2$ ) von 0,24 bis 0,57 für die Dichte, vorwärtsbewegliche Spermien und das Ejakulatvolumen. Labitzke et al. (2014) schätzten an 30 Hannoveraner Warmbluthengsten Heritabilitäten ( $h^2$ ) von 0,14 bis 0,43 für die Dichte, Gesamtspermienzahl, vorwärtsbewegliche Spermien und das Ejakulatvolumen.

In der vorliegenden Studie sollen Vorwärtsbeweglichkeit, Ejakulatvolumen, Spermiedichte, Gesamtspermienzahl und Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien auf ihre Variation zwischen und innerhalb Hengsten für zwei aufeinander folgende Deckjahre zusammen mit den systematischen Effekten auf die Spermaqualität untersucht werden. Um mögliche Interaktionen zwischen Hengsten und Umweltfaktoren zu quantifizieren, werden die Interaktionseffekte zwischen Hengst und Jahr, Hengst und Station sowie zwischen Hengst und Monat analysiert.

## Material und Methoden

### Material

Für die Analyse wurden die Daten von 14.666 Ejakulaten von 108 in der künstlichen Besamung eingesetzten Hannoveraner Hengsten des Niedersächsischen Landgestütes Celle aus den Deckjahren 2009 und 2010 erhoben. Für jedes Ejakulat wurden das Ejakulatvolumen, die Dichte und der Prozentsatz vorwärts-, orts- und unbeweglicher Spermien erfasst. Die Gesamtspermienzahl wurde aus Dichte und Ejakulatvolumen, die Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien aus Vorwärtsmotilität und Gesamtspermienzahl errechnet. Diese Daten wurden unmittelbar nach der Untersuchung des Frischspermas auf Spermaprotokollen dokumentiert. Die Samenentnahme erfolgte in den Monaten Februar bis August an jeweils 6 Tagen in der Woche. Die Hengste waren zu Beginn der Untersuchung zwischen 3 und 28 Jahren alt.

Die Erfassung der Spermaprotokolle erfolgte auf 14 verschiedenen Stationen in Niedersachsen. In die Analyse wurden nur die Stationen mit mehr als drei Besamungshengsten einbezogen, weswegen die Daten von 4 Besamungsstationen in der Analyse nicht berücksichtigt wurden. Datensätze mit fehlenden Angaben für die vorliegende Auswertung wurden entfernt, so dass ein Datensatz mit 13.855 Spermaprotokollen von 106 Hengsten mit Einsätzen auf 10 verschiedenen Besamungsstationen für die Analyse zur Verfügung stand. Die Hengste wurden dabei durchschnittlich auf 2 bis 3 Stationen eingesetzt. Pro Station befanden sich im Mittel 20 Hengste. Die Zahl der Absamungen pro Station variierte von 436 bis 5474. Pro Hengst lagen zwischen 111 und 364 Spermaprotokolle mit durchschnittlich 83,5 Protokollen pro Hengst und Jahr vor. In Tab. 1 sind die Rohmittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Merkmale Ejakulatvolumen, Dichte, Vorwärtsmotilität, Gesamtspermienzahl und Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien dargestellt.

Für die Analyse der Interaktionen zwischen Hengst und Umweltfaktoren wurden nur solche Hengste ausgewählt, die

auf mindestens 3 verschiedenen Stationen aufgestellt waren und von denen mindestens 100 Spermaprotokolle vorlagen, so dass hierfür ein Datensatz von 51 Hengsten mit insgesamt 9148 Spermaprotokollen zur Verfügung stand.

Methoden

In der vorliegenden Studie wurden die systematischen fixen Effekte Absamjahr, Absammonat, Station und Alter des Hengstes sowie der zufällige Effekt des Hengstes auf die Spermaqualitätsmerkmale Ejakulatvolumen, Dichte, Gesamtspermienzahl, Prozentsatz vorwärtsbeweglicher Spermien und Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien mittels gemischter linearer Modelle varianzanalytisch untersucht. Die Absamungen in den Monaten Januar bis März sowie in den Monaten Juli und August wurden jeweils in einer Saisonklasse zusammengefasst. Das Alter der Hengste bei der Absamung wurde in 6 Klassen berücksichtigt, mit den Altersklassen 3-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25 und 26-30 Jahre. Die Auswertung der Merkmale erfolgte nach folgendem Modell:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{JAHR}_i + \text{MONAT}_j + \text{STAT}_k + \text{ALT}_l + \text{hengst}_m + e_{ijklmn}$$

- $Y_{ijklmn}$  = Spermaparameter des ijklmn-ten Hengstes
- $\mu$  = Modellkonstante
- $\text{JAHR}_i$  = fixer Effekt des Jahres ( $i=1-2$ )
- $\text{MONAT}_j$  = fixer Effekt der Saison bzw. des Monats ( $j=1-5$ )
- $\text{STAT}_k$  = fixer Effekt der Station ( $k=1-10$ )
- $\text{ALT}_l$  = fixer Effekt der Altersklasse bei der Absamung ( $l=1-6$ )
- $\text{hengst}_m$  = zufälliger Effekt des Hengstes ( $m=1-106$ )
- $e_{ijklmn}$  = zufälliger Restfehler

Die statistische Auswertung und Varianzanalyse erfolgte unter Verwendung der Prozedur MIXED von SAS, Version 9.4 (Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA, 2014). Der

relative Varianzanteil für den Hengst ( $w_{\text{Hengst}}$ ) an der Gesamtvarianz wurde wie folgt berechnet:  $w_{\text{Hengst}} = \sigma_H^2 / (\sigma_H^2 + \sigma_e^2)$  mit  $\sigma_H^2$ =Varianzkomponente zwischen Hengsten und  $\sigma_e^2$ =Varianzkomponente innerhalb Hengst.

Um zu überprüfen, inwieweit Jahres-, Saison- und Stationsunterschiede zur Varianz zwischen den Hengsten beitragen, wurde das Modell um die zufälligen Interaktionskomponenten Hengst  $\times$  Jahr, Hengst  $\times$  Monat und Hengst  $\times$  Station erweitert. Aus den erweiterten Varianzanalysen wurden die relativen Varianzanteile für den Hengst ( $w_{\text{Hengst}}$ ), den Hengst innerhalb Jahr ( $w_{\text{Hengst} \times \text{Jahr}}$ ), Hengst innerhalb Absammonat ( $w_{\text{Hengst} \times \text{Monat}}$ ) und Hengst innerhalb Station ( $w_{\text{Hengst} \times \text{Station}}$ ) in Beziehung zur Gesamtvarianz ( $w_{\text{gesamt}} = \sigma_H^2 + \sigma_{H \times J}^2 + \sigma_{H \times M}^2 + \sigma_{H \times S}^2 + \sigma_e^2$ ) berechnet.

Ergebnisse

Die Varianzanalyse ergab für die fixen Effekte Absammonat, Station und Alter des Hengstes zum Zeitpunkt der Absamung signifikante Ergebnisse für alle Spermaparameter (Tab. 2). Der systematische Effekt Absamjahr war mit Ausnahme für das Ejakulatvolumen signifikant. Ein signifikanter Jahresunterschied bestand für die Parameter Dichte, Vorwärtsmotilität und Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien. Die Anzahl der vorwärtsbeweglichen Spermien war im Jahre 2010 signifikant geringer, da die Vorwärtsmotilität deutlich abfiel. Die signifikant höhere Dichte im Jahre 2010 konnte den Effekt der geringeren Vorwärtsmotilität auf die Anzahl der vorwärtsbeweglichen Spermien nicht ausgleichen (Tab. 3).

Für das Ejakulatvolumen, die Vorwärtsmotilität, die Gesamtspermienzahl und die Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien waren die Werte in den Monaten Juli und August am höchsten. Die niedrigsten Werte für das Ejakulatvolumen und die

**Tabelle 1** Mittelwerte ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Minimum (Min) und Maximum (Max) für Spermamerkmale der 106 untersuchten Hengste | Means ( $\bar{x}$ ), standard deviation (s), minimum (Min) and maximum (Max) of semen traits<sup>1</sup>

Merkmal <sup>1</sup>	$\bar{x}$	s	Min	Max
Ejakulatvolumen (ml)	40,1	18,2	3	230
Dichte ( $\times 10^6$ /ml)	198,4	85,6	35	695
Vorwärtsmotilität (%)	60,8	9,4	2	90
Gesamtspermienzahl ( $\times 10^9$ )	7,2	3,1	0,6	35,1
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien ( $\times 10^9$ )	4,3	2,0	0,3	28,1

<sup>1</sup>Ejakulatvolumen = gel-free volume; Dichte = sperm concentration; Vorwärtsmotilität = progressive motility; Gesamtspermienzahl = total number of sperm; Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien = total number of motile sperm

**Tabelle 2** Ergebnisse der Varianzanalyse mit den Irrtumswahrscheinlichkeiten für die ausgewerteten Spermamerkmale | Results of the analysis of variance<sup>4</sup> with error probabilities for semen traits analyzed

Merkmal <sup>1</sup>	Variationsursachen <sup>4</sup>			
	Monat	Jahr	Station	Altersklasse
Ejakulatvolumen (ml)	***		***	
Dichte ( $\times 10^6$ /ml)	***	***	***	***
Vorwärtsmotilität (%)	***	***	***	***
Gesamtspermienzahl ( $\times 10^9$ )	***	***	***	**
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien ( $\times 10^9$ )	***	***	***	***

\*\* : p < 0,01 \*\*\* : p < 0,001 <sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations. <sup>4</sup> Sources of variation = month, year, breeding station, age class

Vorwärtsmotilität ergaben sich für die Monate Januar bis März, für die Gesamtspermienzahl und die Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien für die Monate Januar bis April. Für die Dichte zeigten sich die höchsten Werte in den Monaten Januar bis März und die niedrigsten Werte in den Monaten Mai und Juni (Tab. 4).

Weiterhin wurde der Einfluss des Alters auf die einzelnen Spermparameter untersucht. Die höchsten Werte für das

Ejakulatvolumen fanden sich in der Altersgruppe 16 bis 20 Jahre, die niedrigsten Werte bei den 21- bis 25-jährigen Hengsten. Die höchste Dichte wurde in der Altersgruppe der 3- bis 5-jährigen Hengste festgestellt, die niedrigsten Werte bei den 26- bis 30-jährigen Hengsten. Für die Vorwärtsmotilität ergaben sich höchste Werte in der Altersgruppe 11 bis 15 Jahre mit einer Abnahme der Werte in der Altersgruppe 26 bis 30 Jahre. Die höchsten Werte für die Gesamtspermienzahl fanden sich in der Altersgruppe der 3- bis 5-jährigen

**Tabelle 3** Least-Squares Mittelwerte (LSM), deren Standardfehler (SE) und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die Spermaqualitätsparameter nach Absamjahren. | *Least-squares means (LSM), their standard errors (SE) and error probabilities (p-values) for semen traits<sup>1</sup> by years<sup>5</sup>*

Merkmal <sup>1</sup>	2009 <sup>5</sup>		2010 <sup>5</sup>		p-Wert
	LSM	SE	LSM	SE	
Ejakulatvolumen (ml)	38,6	1,5	39,3	1,5	n.s.
Dichte (x10 <sup>6</sup> /ml)	210,3	7,7	223,3	7,8	*
Vorwärtsmotilität (%)	65,6	0,7	61,3	0,7	***
Gesamtspermienzahl (x10 <sup>9</sup> )	7,5	0,3	7,9	0,3	n.s.
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien (x10 <sup>9</sup> )	4,9	0,2	4,6	0,1	***

<sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations. \*: p < 0,05 \*\*: p < 0,01 \*\*\*: p < 0,001 n.s.: not significant

**Tabelle 4** Least-Squares-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Spermparameter nach Absammonaten | *Least-squares means (LSM) and their standard errors (SE) for semen traits<sup>1</sup> by months<sup>6</sup>*

Merkmal <sup>1</sup>	Absammonat <sup>6</sup>				
	3	4	5	6	7
Ejakulatvolumen (ml)	33,9 ± 1,5	36,9 ± 1,5	39,9 ± 1,5	41,1 ± 1,5	42,7 ± 1,5
Dichte (x10 <sup>6</sup> /ml)	245,2 ± 7,7	213,2 ± 7,7	205,3 ± 7,7	205,2 ± 7,7	215,3 ± 7,7
Vorwärtsmotilität (%)	61,0 ± 0,7	63,8 ± 0,7	64,0 ± 0,7	64,3 ± 0,7	64,3 ± 0,7
Gesamtspermienzahl (x10 <sup>9</sup> )	7,8 ± 0,3	7,3 ± 0,3	7,5 ± 0,3	7,6 ± 0,3	8,3 ± 0,3
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien (x10 <sup>9</sup> )	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,9 ± 0,2	5,4 ± 0,2

<sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations

**Tabelle 5** Least-Squares-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für die Spermparameter nach Altersklassen | *Least-squares means (LSM) and their standard errors (SE) for semen traits<sup>1</sup> by age classes<sup>7</sup>*

Altersklasse (Jahre) <sup>7</sup>	Anzahl Hengste <sup>8</sup>	Merkmal <sup>1</sup>				
		Volumen (ml)	Dichte (x10 <sup>6</sup> /ml)	Vorwärtsmotilität (%)	Gesamtspermienzahl (x10 <sup>9</sup> )	Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien (x10 <sup>9</sup> )
3-5	43	37,5 ± 1,4	230,8 ± 7,4	63,9 ± 0,7	7,8 ± 0,2	4,9 ± 0,1
6-10	52	39,4 ± 1,4	220,2 ± 7,2	64,2 ± 0,6	7,7 ± 0,2	4,9 ± 0,1
11-15	18	38,2 ± 1,5	226,5 ± 7,8	64,9 ± 0,7	7,7 ± 0,3	5,0 ± 0,2
16-20	15	39,7 ± 2,1	200,9 ± 10,4	63,0 ± 1,1	7,2 ± 0,4	4,5 ± 0,2
21-25	6	36,9 ± 4,2	150,6 ± 20,9	60,7 ± 2,0	4,9 ± 0,7	2,9 ± 0,5
26-30	3	38,1 ± 4,3	139,2 ± 21,5	53,8 ± 2,1	4,6 ± 0,7	2,6 ± 0,5

<sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations <sup>8</sup> number of stallions

**Tabelle 6** Minima (Min) und Maxima (Max) der Least-Squares-Mittelwerte (LSM) für die Spermparameter nach Stationen | *Minima (Min) and Maxima (Max) of Least-squares means (LSM) of semen traits<sup>1</sup> by breeding station*

Merkmal <sup>1</sup>	Min	Max
Ejakulatvolumen (ml)	30,87	46,35
Dichte (x10 <sup>6</sup> /ml)	176,87	265,11
Vorwärtsmotilität (%)	53,54	71,73
Gesamtspermienzahl (x10 <sup>9</sup> )	5,83	9,21
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien (x10 <sup>9</sup> )	3,65	6,41

<sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations.

Hengste, die niedrigsten Werte bei Hengsten der Altersgruppe 26 bis 30 Jahre. Für den Parameter Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien ergaben sich höchste Werte für die Altersgruppe 11 bis 15 Jahre und niedrigste Werte für 26- bis 30-jährige Hengste (Tab. 5).

Die Varianzkomponente zwischen Hengsten war für alle ausgewerteten Spermparameter signifikant. Der Varianzanteil für den Hengst an der Gesamtvarianz lag zwischen 43 und 62% (Tab. 7). Die zufälligen Interaktionskomponenten Hengst  $\times$  Jahr, Hengst  $\times$  Monat und Hengst  $\times$  Station erklärten zwischen 3 und 14% der phänotypischen Varianz. Für das Ejakulatvolumen und die Gesamtspermienzahl war die Interaktion von Hengst  $\times$  Station am höchsten. Die Dichte und die Vorwärtsmotilität zeigten die höchste Interaktion zwischen Hengst und Jahr. Die Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien zeigte sowohl für die Interaktion des Hengstes mit dem Jahr als auch mit der Station die höchsten Werte. Die Interaktionskomponente Hengst  $\times$  Absammonat war für alle Spermparameter stets am geringsten (Tab. 8).

## Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die systematischen Einflussfaktoren Absamjahr, Absammonat, Station und Alter des Hengstes zusammen mit dem zufälligen Effekt des Hengstes auf ihre Signifikanz untersucht und ihr Effekt auf die Spermaqualitätsparameter dargestellt. Darüber hinaus wurde auch die Interaktion des Hengstes zwischen Absamjahren, Absammonaten und Stationen ausgewertet. Die hohen Varianzanteile für den Hengst zeigen sehr deutlich, dass die Spermparameter überwiegend durch hengstspezifische Effekte bestimmt werden. Die Interaktion zwischen Hengst und Sta-

tion, Hengst und Jahr sowie Hengst und Monat waren von Null signifikant verschieden und zeigen somit, dass Hengste durch diese Umweltfaktoren in unterschiedlicher Weise beeinflusst werden können. Das Ejakulatvolumen, die Gesamtspermienzahl und die Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien scheinen insbesondere durch den Wechsel der Station beeinflusst zu werden. Grund hierfür sind vermutlich unterschiedliche Reaktionen der Hengste auf Veränderungen der gewohnten Umgebung und des Personals. Auch die Interaktion zwischen Hengst und Absamjahr beruht vermutlich auf Managementfaktoren, auf die Hengste unterschiedlich reagieren.

In Übereinstimmung mit verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass Spermaqualitätsparameter eine signifikante Varianz zwischen Hengsten aufweisen (Pattie und Dowsett 1982, Rousset et al. 1987, Labitzke et al. 2013). Labitzke et al. (2013) ermittelten relative Varianzanteile von 0,49 bis 0,85 für die Parameter Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien, Gesamtspermienzahl, Vorwärtsmotilität, Ejakulatvolumen und Dichte. In der Arbeit von Pattie und Dowsett (1982) betragen die relative Varianzanteile der Hengste von neun Rassen 0,26 bis 0,48 für Ejakulatvolumen, Gesamtspermienzahl und Dichte. Rousset et al. (1987) berechneten relative Varianzanteile von 0,37 bis 0,69 für Gesamtspermienzahl, Dichte, Ejakulatvolumen und Vorwärtsmotilität der Hengste von vier verschiedenen Rassen. In der eigenen Untersuchung an Hannoveraner Hengsten bestätigten sich die hohen Varianzanteile mit Werten von 0,43 bis 0,62. Die Interaktionskomponenten zwischen Hengst und Jahr, Hengst und Monat sowie Hengst und Station erhöhten zusätzlich die Hengst-bezogenen Varianzanteile, so dass über den Hengst relative Varianzanteile von 0,55–0,65 erklärt werden konnten.

**Tabelle 7** Varianzkomponenten zwischen ( $\sigma^2_{H_i}$ ) und innerhalb Hengsten ( $\sigma^2_e$ ) mit deren relativen Varianzanteilen an der Gesamtvarianz für die Spermparameter / Variance components<sup>9</sup> among ( $\sigma^2_{H_i}$ ) and within stallions ( $\sigma^2_e$ ) with their relative proportions on the total variance<sup>10</sup> for semen traits<sup>1</sup>

Merkmal <sup>1</sup>	Varianzkomponenten <sup>9</sup>		Relativer Varianzanteil <sup>10</sup> für den Hengst
	$\sigma^2_{H_i}$	$\sigma^2_e$	
Ejakulatvolumen (ml)	167,51	161,77	0,51
Dichte ( $\times 10^6$ /ml)	5209,58	3132,34	0,62
Vorwärtsmotilität (%)	33,68	45,01	0,43
Gesamtspermienzahl ( $\times 10^9$ )	4,92	5,81	0,46
Anzahl vorwärtsbeweglicher Spermien ( $\times 10^9$ )	2,05	2,24	0,48

<sup>1</sup> See Tab.1 for explanations.

**Tabelle 8** Varianzkomponenten zwischen Hengsten innerhalb Absamjahr ( $\sigma^2_{H_{i,j}}$ ), Station ( $\sigma^2_{H_{i,s}}$ ) und Absammonat ( $\sigma^2_{H_{i,m}}$ ) und innerhalb Hengsten ( $\sigma^2_e$ ) einschließlich deren relativer Varianzanteile für die Spermparameter | Variance components<sup>9</sup> among stallions within year ( $\sigma^2_{H_{i,j}}$ ), breeding station ( $\sigma^2_{H_{i,s}}$ ) and month ( $\sigma^2_{H_{i,m}}$ ) with their relative proportions on the total variance<sup>10</sup> for semen traits

Merkmal <sup>1</sup>	Varianzkomponenten <sup>9</sup>					Relativer Anteil an der Gesamtvarianz <sup>10</sup>				
	$\sigma^2_{H_i}$	$\sigma^2_{H_{i,j}}$	$\sigma^2_{H_{i,s}}$	$\sigma^2_{H_{i,m}}$	$\sigma^2_e$	$w_H$	$w_{H_{i,j}}$	$w_{H_{i,s}}$	$w_{H_{i,m}}$	$w_e$
Ejakulatvolumen (ml)	165,22	23,07	29,45	10,67	152,33	0,43	0,06	0,08	0,03	0,40
Dichte ( $\times 10^6$ /ml)	2546,90	828,78	554,92	566,23	2359,12	0,37	0,12	0,08	0,08	0,35
Vorwärtsmotilität (%)	25,68	13,16	8,14	6,04	42,94	0,27	0,14	0,08	0,06	0,45
Gesamtspermienzahl ( $\times 10^9$ )	2,83	0,96	1,67	0,67	4,94	0,26	0,09	0,15	0,06	0,44
hl vorwärtsbewegleSpermien ( $\times 10^9$ )	1,11	0,47	0,48	0,30	1,94	0,26	0,11	0,11	0,07	0,45

<sup>1</sup> See Tab. 1 for explanations

In der vorliegenden Studie hatte das Alter des Hengstes zum Zeitpunkt der Samenentnahme einen signifikanten Einfluss auf die Spermaqualität. Bei den 3-jährigen Hengsten stellte sich mit zunehmendem Alter eine Verbesserung der Parameter ein. Dies entspricht den Ergebnissen vorangegangener Studien, wonach bei Hengsten unter 4 Jahren geringere Werte für Ejakulatvolumen, Dichte und Gesamtpermienzahl erwartet werden können als bei älteren Hengsten (Squires et al. 1978, Dowsett und Pattie 1982, Dowsett und Knott 1996) und sich eine Verbesserung erst mit zunehmendem Alter aufgrund der Zunahme des Hodengewebes und daraus resultierender erhöhter Spermienbildungskapazität ergibt (Johnson und Thompson 1983). Bereits ab einem Alter von 5 Jahren zeigte sich in der eigenen Untersuchung eine kontinuierliche Verbesserung der einzelnen Spermaparameter mit relativ konstanten Werten bis zu einem Alter von 11 bis 15 Jahren. Auch Foote (1978) beschreibt eine allmähliche Verbesserung der Spermaqualität der Junghengste sowie eine Verschlechterung in höherem Alter. In der eigenen Untersuchung trat eine Abnahme der Werte erst ab einem Alter von 16 bis 20 Jahren auf, mit deutlich niedrigeren Werten für die ausgewerteten Spermaparameter ab einem Alter von 21 bis 25 Jahren. Dies widerspricht den Ergebnissen von Dowsett und Pattie (1982), die bei Hengsten bereits ab einem Alter von 10 Jahren schlechtere Werte feststellten.

Bei der Untersuchung des Einflusses des jeweiligen Absammonats und damit der Jahreszeit auf die einzelnen Spermaparameter konnte ein deutlicher Zusammenhang festgestellt werden. Während der Sommermonate (Juni bis August) waren die Werte für das Ejakulatvolumen am höchsten und die Werte für die Dichte am geringsten. Dies entspricht auch den Beobachtungen vorangegangener Studien, wonach sich das Volumen umgekehrt zur Dichte verhält und in den Frühjahrs- und Sommermonaten signifikant höher ist als während der Wintermonate (Pickett et al. 1976, Magistrini et al. 1987, Janett et al. 2003). Dies lässt sich durch die saisonabhängige Spermatogenese erklären, da die tägliche Spermaproduktion in den Sommermonaten höher ist als in den Wintermonaten (Johnson und Thompson 1983, Johnson 1985, 1991). Darüber hinaus hat eine zunehmende Tageslichtlänge einen stimulatorischen Effekt auf die Spermaproduktion und damit das Ejakulatvolumen (Clay et al. 1987). Weiterhin konnten in der vorliegenden Studie für die Vorwärtsmotilität, Gesamtpermienzahl und Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien höchste Werte während der Sommermonate festgestellt werden. Diese Ergebnisse stimmen mit den Beobachtungen vorangegangener Studien überein, in denen im Sommer signifikant höhere Werte für die genannten Spermaparameter mit Ausnahme der Gesamtanzahl vorwärtsbeweglicher Spermien feststellbar waren als im Winter (Pickett et al. 1976, Jasko et al. 1991).

## Schlussfolgerung

Eine gute Spermaqualität ist für den Erfolg der künstlichen Besamung essenziell. Diese Studie zeigte, dass vom Hengst selbst ein sehr großer Einfluss auf die Spermaqualität ausgeht. Deshalb ist es von großer Bedeutung, die Ursachen für die Unterschiede zwischen den Hengsten in den Spermaqualitätsparametern zu analysieren und diese Erkenntnisse in das Management der Hengste mit einfließen zu lassen.

## Literatur

- Amann R., Thompson Jr. D., Squires E., Pickett B. (1978) Effects of age and frequency of ejaculation on sperm production and extragonadal sperm reserves in stallions. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 27, 1-6
- Clay C., Squires E., Amann R., Pickett B. (1987) Influences of season and artificial photoperiod on stallions: testicular size, seminal characteristics and sexual behavior. *J. Anim. Sci.* 64, 517-525
- Dowsett K., Pattie W. (1982) Characteristics and fertility of stallion semen. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 32, 1-8
- Dowsett K. F., Knott L. M. (1996) The influence of age and breed on stallion semen. *Theriogenology* 46, 397-412
- Ducro B., Bovenhuis H., Stout T., van Arendonk J. (2011) Genetic Parameters and Founder Inbreeding Depression on Semen Quality in Friesian Horses. University of Wageningen, The Netherlands, pp 97-112
- Foote R. (1978) Factors influencing the quantity and quality of semen harvested from bulls, rams, boars and stallions. *J. Anim. Sci.* 47, 1-11
- Janett F., Thun R., Niederer K., Burger D., Hässig M. (2003) Seasonal changes in semen quality and freezability in the Warmblood stallion. *Theriogenology* 60, 453-461
- Jasko D., Lein D., Foote R. (1991) The repeatability and effect of season on seminal characteristics and computer-aided sperm analysis in the stallion. *Theriogenology* 35, 317-327
- Johnson L. (1985) Increased daily sperm production in the breeding season of stallions is explained by an elevated population of spermatogonia. *Biol. Reprod.* 32, 1181-1190
- Johnson L. (1991) Seasonal differences in equine spermatocytogenesis. *Biol. Reprod.* 44, 284-291
- Johnson L., Thompson D. (1983) Age-related and seasonal variation in the Sertoli cell population, daily sperm production and serum concentrations of follicle-stimulating hormone, luteinizing hormone and testosterone in stallions. *Biol. Reprod.* 29, 777-789
- Labitzke D., Sieme H., Martinsson G., Distl O. (2013) Analyse fruchtbarkeitsassoziierter Spermaqualitätsparameter bei Hannoveraner Warmbluthengsten. *Züchtungskunde* 85, 354-366
- Labitzke D., Sieme H., Martinsson G., Distl O. (2014) Genetic Parameters and Breeding Values for Semen Characteristics in Hannoverian Stallions. *Reprod. Dom. Anim.* 49, 584-587
- Magistrini M., Chanteloube P., Palmer E. (1987) Influence of season and frequency of ejaculation on production of stallion semen for freezing. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 35, 127-133
- Paccamonti D., Buiten A., Parlevliet J., Colenbrander B. (1999) Reproductive parameters of miniature stallions. *Theriogenology* 51, 1343-1349
- Parlevliet J., Kemp B., Colenbrander B. (1994) Reproductive characteristics and semen quality in maiden Dutch Warmblood stallions. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 101, 183-187
- Pattie W., Dowsett K. (1982) The repeatability of seminal characteristics of stallions. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 32, 9-13
- Pickett B., Faulkner L., Seidel G., Berndtson W., Voss J. (1976) Reproductive Physiology of the Stallion. IV. Seminal and Behavioral Characteristics. *J. Anim. Sci.* 43, 617-625
- Roser J. (2001) Endocrine and paracrine control of sperm production in stallions. *Anim. Reprod. Sci.* 68, 139-151
- Rousset H., Chanteloube P., Magistrini M., Palmer E. (1987) Assessment of fertility and semen evaluations of stallions. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 35, 25-31
- Sieme H. (2009) Semen evaluation. In: Samper JC (ed) Equine breeding management and artificial insemination, 2nd edn. Saunders Elsevier, Missouri, pp 67-74
- Sieme H., Katila T., Klug E. (2004) Effect of semen collection practices on sperm characteristics before and after storage and on fertility of stallions. *Theriogenology* 61, 769-784
- Squires E., Pickett B., Amann R. (1978) Effect of successive ejaculation on stallion seminal characteristics. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 27, 7-12
- Van Eldik P., Van Der Waaij E., Ducro B., Kooper A., Stout T., Colenbrander B. (2006) Possible negative effects of inbreeding on semen quality in Shetland pony stallions. *Theriogenology* 65, 1159-1170