

Entwicklung des Immunsystems bei Kälbern und der Absetzzeitpunkt in der Mutter-Kalb-Haltung

Zusammenfassung

Die Kolostrumaufnahme innert wenigen Stunden nach Geburt ist für jedes Kalb überlebenswichtig. Da es ohne Antikörper zur Welt kommt ist es auf den Transfer der maternalen (=mütterlichen) Antikörper über das Kolostrum (=Biestmilch) angewiesen. Diese Antikörper sind sehr umgebungsspezifisch und verschaffen dem Kalb eine passive Immunität, um gezielt auf bestimmte Krankheitserreger reagieren zu können. Befinden sich Kuh und Kalb in der gleichen Umgebung, haben Kontakt zueinander und sind dadurch dem gleichen Erregerspektrum ausgesetzt, sind die Kälber auf bestmögliche Weise vor Krankheitserregern geschützt. Im Unterschied zur heute in der Milchproduktion üblichen mutterlosen Kälberhaltung, bei welcher die frischgeborenen Kälber von der Mutter getrennt und in einer anderen Umgebung gehalten werden, profitieren Kälber in Mutter-Kalb-Haltung besonders von diesem natürlichen, umgebungsspezifischen Schutz gegenüber Krankheitserregern. In wissenschaftlichen Studien wird zudem beschrieben, dass das Saugen am Euter und die alleinige Anwesenheit der Mutter einen positiven Einfluss auf die Aufnahme maternaler Antikörper haben kann. Der Kontakt zum Muttertier kann also die Resistenz des Kalbes gegenüber Krankheitserregern erhöhen.

Noch während das Kalb durch maternale Antikörper geschützt ist (passive Immunität) beginnt es mit der Produktion eigener Antikörper (aktive Immunität). Während dem Übergang von passiver zu aktiver Immunität spricht man von der „immunologische Lücke“, da das Kalb während dieser Zeit anfälliger ist für Infektionskrankheiten. Je nach Kalb zeigt sich diese erhöhte Anfälligkeit zwischen der 2. und 7. Lebenswoche. Das gesamte Immunsystem des Kalbes macht also nach seiner Geburt eine Reifung durch; je älter das Kalb, umso kompetenter ist grundsätzlich sein Immunsystem (Antikörperspiegel, Immunzellen, lymphatisches Gewebe). Es kann davon ausgegangen werden, dass die allermeisten Kälber ab der 12. Lebenswoche über eine ausreichende aktive Immunität verfügen, um eine Infektion bekämpfen zu können.

Es gibt viele Faktoren, welche das Immunsystem beeinflussen. Stress hat einen negativen Effekt auf das Immunsystem, d.h. ist ein Kalb einem starken Stressor ausgesetzt führt dies zu einer vorübergehenden Immunsuppression. Fallen Stressoren wie das Absetzen, ein Transport, eine Umstallung, Hitze o.ä. in die Zeit der „immunologischen Lücke“ ist das Risiko zu erkranken stark erhöht. In Verbindung mit einem erhöhten Erregerdruck, welchem ein Kalb beim Verlassen des Geburtsbetriebs meist ausgesetzt ist, ist unter diesen Umständen der Einsatz von Arzneimitteln wie Antibiotika praktisch unumgänglich.

Aufgrund der Entwicklung des Immunsystems erachten wir ein Mindestalter von 12 Wochen für das Absetzen des Kalbes als angemessen. Eine Trennung von Mutter und Kalb nach nur wenigen Tagen oder Wochen ist weder im Sinne einer guten Kälbergesundheit und eines damit verbundenen reduzierten Antibiotikaeinsatzes noch im Sinne des Tierwohls.

Einleitung

Kälberhaltung in der Milchproduktion

Heute werden Kälber in der Milchproduktion üblicherweise kurz nach der Geburt von ihrer Mutter getrennt und anschliessend ohne Kontakt zur Mutter oder anderen Kühen, meist einzeln in sogenannten Kälberglus oder alternativ gruppenweise in Kälberbuchten gehalten. Die für die Aufzucht vorgesehenen weiblichen Kälber bleiben üblicherweise auf dem Geburtsbetrieb und werden schliesslich als hochträchtige Färsen in die Milchkuhherde integriert. Als Kälber erkranken sie oft an verschiedenen Infekten, insbesondere der Atemwege und des Magendarmtraktes. Die männlichen und die nicht für die Nachzucht eingesetzten weiblichen Kälber verlassen bereits im Alter von rund 3 bis 4 Wochen den Geburtsbetrieb und werden auf einen Mastbetrieb transportiert (Branchenlösung setzt auf Mindestalter: 21 Tage und Mindestkörpergewicht: 65 kg; (Bähler und Kaske)). Das Entnehmen aus der gewohnten Umgebung, der Transport, die neue Gruppenzusammensetzung auf dem Mastbetrieb und die damit verbundene Futterumstellung ist für die Kälber mit starkem Stress verbunden. Stress wiederum reduziert die Fähigkeit des Immunsystems adäquat auf Pathogene reagieren zu können (Verbrugghe, et al. 2012). Hinzu kommt, dass am neuen Ort Kälber aus den unterschiedlichsten Betrieben in Gruppen zusammengeführt werden und damit auch viele verschiedene, den Kälbern noch unbekanntes Krankheitskeime zusammentreffen. Daher ist es umso wichtiger, ein Tier einer solchen physischen und psychischen Belastung erst dann auszusetzen, wenn dessen Immunsystem so weit entwickelt ist, dass es eine reale Chance hat, diese grosse Herausforderung auch meistern zu können.

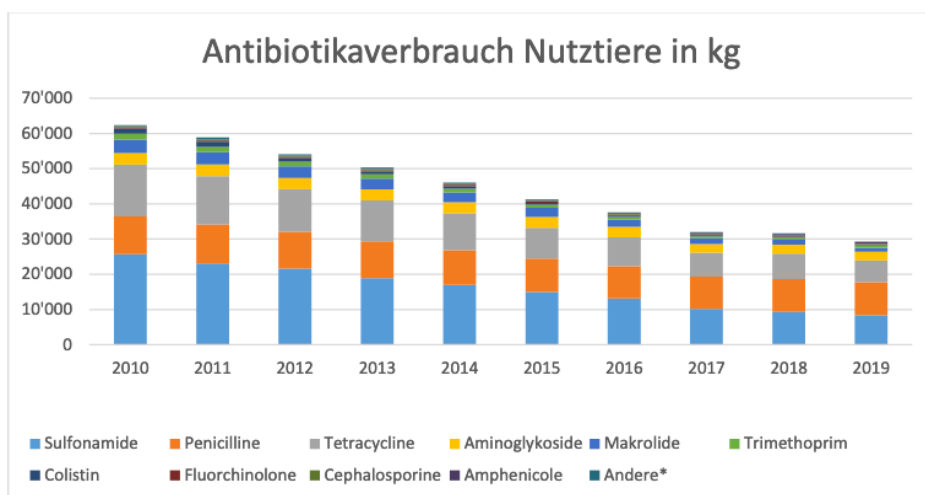
Absetzalter in der Mutter-Kalb-Haltung

In der muttergebundenen Kälberaufzucht (MuKa) haben alle Kälber täglich Kontakt zu ihren Müttern und bleiben länger als üblich auf dem Geburtsbetrieb. Ein einheitlich definiertes System der MuKa-Haltung gibt es jedoch nicht. Zudem variiert das Absetzalter und damit auch die Verweildauer der Kälber von Betrieb zu Betrieb, da es noch keine Regelungen gibt. In diesem Bericht soll anhand der bestehenden Literatur aufgezeigt werden, ab welchem Alter das Absetzen der Kälber von ihren Müttern in Bezug auf die Kälbergesundheit als sinnvoll beurteilt werden kann.

Kälbergesundheit und Antibiotikaverbrauch

Antibiotika sind wichtige Medikamente im Kampf gegen bakterielle Erkrankungen. Jedoch können Bakterien Resistenzen gegen antimikrobielle Wirkstoffe entwickeln, vor allem wenn sie häufig und nicht in der effektiven Dosis Antibiotika ausgesetzt sind. Heute gelangen viele Medikamente und/oder deren Rückstände in die Umwelt, u.a. auch über die Nutztierhaltung. Die den Nutztieren verabreichten antimikrobiellen Wirkstoffe werden letztlich vom Tierkörper wieder ausgeschieden und gelangen so in die Gülle, welche

wiederum auf den Feldern verteilt wird. Dies ist schädlich für die Natur und führt zum Rückgang der Artenvielfalt. Zudem begünstigt es die Entwicklung von Antibiotika-Resistenzen, das heisst, es führt zu einem Verlust der Wirksamkeit dieser antimikrobiellen Therapeutika. Dies ist auch für den Menschen problematisch. So werden Veterinär- als auch Humanmediziner angehalten, Antibiotika nur wenn nötig, zielgerichtet (entsprechend der Empfindlichkeit des Erregers gegenüber dem eingesetzten Wirkstoff) und insgesamt in möglichst geringem Masse einzusetzen. Durch die vermehrte Aufklärung der TierärztInnen und LandwirtInnen und der «Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz» (StAR) des Bundes konnte die Antibiotikagabe in der Schweizer Nutztierhaltung in den letzten Jahren insgesamt gesenkt werden (Abb. 1) (ARCH-Vet 2020).



* Lincosamide, Pleuromutiline, Chinolone, Amphenicole (bis 2012)

Abb. 1 Anteil verkaufter Wirkstoffklassen bei Nutztieren 2010 bis 2019 (in kg) (ARCH-Vet 2020)

Jedoch ist der Verbrauch nach wie vor hoch und antimikrobielle Wirkstoffe werden auch weiterhin prophylaktisch und gerade in der Kälbermast sehr systematisch eingesetzt (Läderach 2018, Gresset, Dani, et al. 2019). In der Landwirtschaft geht es um die Prävention eines übermässigen Einsatzes von Antibiotika, indem die Haltung der Tiere optimiert und deren Immunsystem gestärkt wird. Dadurch wird die Gesundheit der Tiere gefördert, was zu einem reduzierten Einsatz von Antibiotika führt, und damit zur Reduktion der Resistenzen beiträgt (Gresset, Dani und Python 2018). Ein System, wie es die gängige Kälberhaltung/-mast in der Milchproduktion darstellt, lässt den Landwirten und Tierärzten nur wenig Spielraum: Die Kälber sind in einer geschwächten Phase mit einem noch «unreifen» Immunsystem einem hohen Erregerdruck ausgesetzt. Unter solchen Umständen gänzlich auf den therapeutischen und/oder prophylaktischen Einsatz von Antibiotika zu verzichten, wäre aufgrund des daraus resultierenden mangelhaften Tierwohls in aller Regel nicht vertretbar. Um einen deutlich reduzierten Antibiotikaverbrauch in diesem Bereich nachhaltig erzielen zu können, sind deshalb Änderungen am System nötig. So fordert auch die Schweizer

Tierärzteschaft neue Systeme, welche die Notwendigkeit von Tierarzneimittleinsätzen deutlich reduzieren (GST 2020).

Gesündere Kälber in der Mutter-Kalb-Haltung?

Die muttergebundene Kälberaufzucht stellt als natürlichste Form der Kälberhaltung auf Milchviehbetrieben ein solch gefordertes System dar. Die Kälber bleiben länger auf dem Geburtsbetrieb und werden nicht oder zu einem späteren Zeitpunkt als üblich auf einen Mastbetrieb gegeben. Bleiben Kälber auf dem Geburtsbetrieb sind sie weder dem Transportstress noch den zahlreichen unbekanntenen Pathogenen ausgesetzt. Werden die Kälber dennoch auf einen Mastbetrieb verbracht sind sie älter als üblich und damit besser in der Lage mit der herausfordernden Situation selber fertig zu werden – ohne den Einsatz von antibiotischer Einstallungsprophylaxe. Zusätzlich berichten die Praktiker der MuKa-Haltung, dass ihre Kälber seit der Umstellung auf diese Haltungsform generell gesünder, vitaler und frohwüchsiger sind und auf dem Geburtsbetrieb kaum Antibiotika benötigt werden (Kohler 2019). Als einer der möglichen Gründe für den positiven Effekt der Haltungsform auf die Kälbergesundheit wird vermutet, dass das Kalb das Kolostrum und die Milch und damit auch die darin enthaltenen maternalen Antikörper (Antikörper, welche von der Mutter bereitgestellt werden) direkt vom Euter des Muttertiers aufnimmt. Um diese These zu überprüfen und mögliche weitere Gründe für einen positiven Effekt der Mutter-Kalb-Haltung auf die Kälbergesundheit zu eruieren, wurde die vorliegende Literaturstudie mit Fokus auf die Entwicklung des Immunsystems bei Kälbern erstellt.

Die Entwicklung des Immunsystems beim Kalb

Säugetiere sind eine erfolgreiche Klasse im Tierreich. Was sie einzigartig macht, ist die Milch, welche die weiblichen Tiere in speziell dafür entwickelten Drüsen für ihre Jungtiere produzieren. Diese ernährt das Neugeborene in der ersten Lebensphase. Sie ist optimal auf die Bedürfnisse des Jungtieres und die Umgebung, in die es hineingeboren wird, ausgerichtet und ermöglicht dem Neugeborenen so den bestmöglichen Start ins Leben. Neben Fett, Zucker, Vitaminen, Wachstumshormonen und weiteren Inhaltstoffen sind dabei auch Antikörper (=Immunglobuline, Ig) ein wichtiger Bestandteil der Milch bzw. des Kolostrums (Biestmilch) (Hurley 2003). Antikörper erhalten die Jungtiere je nach Art auch bereits vor der Geburt über die Plazenta. Dies ist unter anderem bei den Primaten, also auch beim Menschen, der Fall. Bei Huf- und Klauentieren ist die Plazenta jedoch nicht durchlässig für Immunglobuline und somit kommen diese Jungtiere ohne maternale Antikörper zur Welt (Abb. 2) (Telemo und Hanson 1996).

Animal order	Transmission		Duration postnatal
	Prenatal	Postnatal	
Primates	placenta via Fcγ-receptor	trace amounts (small intestine)	?
Lagomorphs	yolk sac via Fcγ-receptor	small intestine (minor route)	?
Rodents	yolk sac via Fcγ-receptor (minor route)	proximal small intestine via Fcγ-receptor from milk	21 days
Carnivores	placenta/yolk sac Fcγ-receptor	small intestine (minor route)	?
Ungulates	none	entire small intestine all Ig isotypes from colostrum	24–30 hours
Avian	yolk sac	none	

Abb. 2 Übertragung der Immunglobuline von der Mutter in den Kreislauf der Nachkommen bei verschiedenen Tierarten (Telemo & Hanson, 1996)

Die Anlagen des angeborenen (=nativen) Immunsystems - wie es die Bezeichnung bereits sagt – ist bei allen Tieren bereits bei der Geburt vorhanden. Obwohl die notwendigen Komponenten des Immunsystems bei neugeborenen Kälbern bereits vorhanden sind, sind viele davon noch nicht funktionell, bis die Kälber mehrere Wochen alt sind. Die Entwicklung dauert bis zur Pubertät an (Abb. 3) (Chase, Hurley und Reber 2008). Wenn das Immunsystem des Kalbes erst wenig ausgereift ist, ist es viel anfälliger für Krankheiten, d.h. das Infektionsrisiko ist erhöht. Kranke Kälber müssen behandelt werden, und da es sich teilweise um bakterielle Infektionen (primär oder sekundär) handelt, kommen hier häufig Antibiotika zum Einsatz.

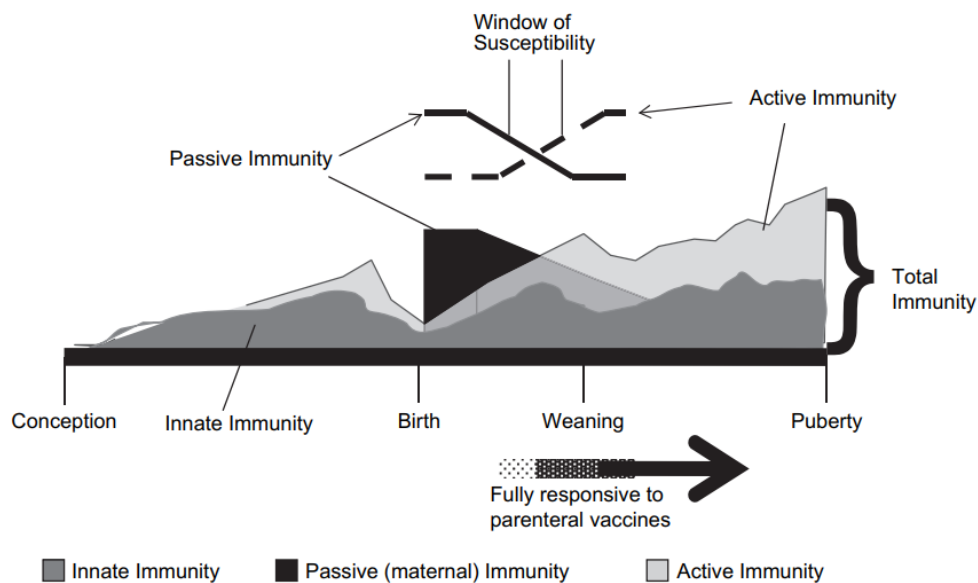


Abb. 3: Entwicklung des Immunsystems beim Kalb von der Geburt bis zur Pubertät (Chase, et al. 2008)

Passive Immunität durch maternale Antikörper

Bei Tierarten, wie zum Beispiel dem Rind, welche Antikörper nicht vorgeburtlich über die Plazenta erhalten, ist die Aufnahme von Kolostrum (Biestmilch) unmittelbar nach der Geburt überlebensnotwendig (Weaver, et al. 2000, Bodmer 2013, Felber 2017). Denn insbesondere im Kolostrum, welches die ersten Mahlzeiten ausmacht, sind Immunglobuline (Ig) in hohem Masse vorhanden. Diese Antikörper schützen das Neugeborene vor Krankheitserregern und da sie vom Jungtier nicht selber produziert sind, sondern aufgenommen werden, spricht man hier von passiver Immunität. Vor allem die Immunglobuline IgG, IgA und IgM werden vom Muttertier über das Kolostrum an ihr Jungtier weitergegeben (Abb. 4) (Hurley 2003). Diese von der Mutter zur Verfügung gestellten Antikörper werden nach dem Saugakt über den Darm des Neugeborenen aufgenommen. Dies ist jedoch nur innerhalb der ersten 24h nach der Geburt möglich, da danach die Darmwand für Antikörper nicht mehr permeabel ist (Tizard 2018).

Species	Immunoglobulin	Concentration (mg/mL)			% Major component immunoglobulin		
		Blood serum	Colostrum	Milk	Serum	Colostrum	Milk
Cow (<i>Bos taurus</i>)	IgG-total	25.0	32–212	0.72	88	85	66
	IgG ₁	14.0	20–200	0.6			
	IgG ₂	11.0		0.12			
	IgA	0.4	3.5	0.13			
	IgM	3.1	8.7	0.04			
	FSC		0.5	0.2			
Horse	IgG-total	21.9	113.4	0.39	89	88	
	IgG(T)	8.2	15.2	0.09			
	IgA	1.5	10.7	0.48			43
	IgM	1.2	5.4	0.03			
Pig	IgG	21.5	58.7	3.0	89	80	
	IgA	1.8	10.7	7.7			
	IgM	1.1	3.2	0.3			70
Dog ^b	IgG	11.1	23.4	0.24	81	68	
	IgA	0.7	9.8	2.63			85
	IgM	1.7	0.8	0.22			
Rat ^c	IgG-total	24.6	2.6	– ^d	96	76	– ^d
	IgG _{2a}	8.0	0.9	1.53			
	IgA	0.15	0.8	0.59			
	IgM	0.77	ND ^e	ND ^e			
Human	IgG	12.1	0.43	0.04	78		
	IgA	2.5	17.35	1.00		90	87
	IgM	0.93	1.59	0.10			
	FSC		2.09	0.02			

Abb. 4 Konzentration von Immunglobulinen und prozentualer Anteil der Hauptkomponenten in Serum und Milchsekreten verschiedener Spezies (Hurley 2003)

Die Konzentration der maternalen Antikörper im Blut des Kalbes in den ersten Tagen nach der Geburt hängt von verschiedenen Faktoren ab: zum einen vom Zeitpunkt der ersten Saugakte (je früher umso besser), zum andern von der Quantität und der Qualität des Kolostrums (Weaver, et al. 2000, Universität Bern 2021). Die Qualität, also der Gehalt des Kolostrums an wertvollen Inhaltstoffen wie Antikörpern, hängt wiederum von verschiedenen Faktoren ab wie z.B. der Laktationszahl der Kuh (Lipp 2005) und ist von Kuh zu Kuh individuell. Die Quantität wird nicht nur davon beeinflusst, wie viel das Kalb effektiv saugt und damit in dessen Labmagen landet, sondern auch wie gut es die nötigen Stoffe und Antikörper im Darm absorbieren kann. Stressfaktoren, wie beispielsweise Hitze oder die

sofortige Trennung vom Muttertier, hemmen gemäss Stott et al. (1976) bzw. (1979b) die Absorption der Antikörper aus dem Kolostrum. Andererseits gibt es Faktoren, welche eine Absorption der Antikörper im Darm anregen bzw. steigern. So berichten Studien von einer besseren Absorptionsrate der Antikörper bei am Euter saugenden Kälbern als bei solchen die das Kolostrum nur über die Flasche erhielten (Selman, EcEwan und Fisher 1971, Stott, Marx, et al. 1979d, Krohn 2001, Suh, et al. 2003, Tizard 2018). Gemäss einer älteren Studie stehen, harnen und koten Saugkälber früher nach der Geburt als Tränkekälber (Metz und Metz 1986). Lupoli et al. (2001) berichten auch von einem generell höheren Oxytocin- und einem tieferen Cortisolspiegel bei saugenden Kälbern als bei Kälbern, die getränkt wurden, was die Absorption der Antikörper positiv beeinflusst. Schon alleine die Präsenz der Mutter steht mit einer erhöhten Absorption in Verbindung, auch wenn die Kälber das Kolostrum trotzdem mit einer Flasche erhalten (Tizard 2018).

Aktive Immunität und «immunologische Lücke»

Die Entwicklung des Immunsystems des Kalbes folgt einem generellen Muster (Abb. 5). Man unterscheidet zwischen der angeborenen (nativen) und der erworbenen (spezifischen / adaptiven) Immunität. Die angeborene Immunantwort ist ein wichtiger Teil des Immunsystems und reagiert als erste auf Infektionen. Alleine vermag sie diese jedoch in der Regel nicht ausreichend zu bekämpfen. Sie dient als Ergänzung zum adaptiven Immunsystem, indem es dieses u.a. aktiviert. Die erworbene Immunantwort reagiert mit Antikörpern spezifisch auf bestimmte Pathogene (Campbell und Reece 2009). Nach der Geburt entwickelt das Kalb mit der Zeit eine aktive, spezifische Immunität. Da es jedoch einige Wochen dauert, bis die Menge an selbst produzierten Antikörpern ausreichenden Schutz vor Infektionserregern bietet, ist es auf eine passive Immunität durch aufgenommene Antikörper in der ersten Lebensphase angewiesen (Abb. 3).

Dies geschieht bei Kälbern durch den Transfer maternaler Antikörper über die Aufnahme des Kolostrums. Diese Antikörper, grösstenteils IgG, werden dann über ca. 8-10 Wochen verbraucht und abgebaut. Parallel dazu beginnt das Kalb selber eigene antigenspezifische Antikörper zu produzieren, sobald es mit Keimen in Kontakt kommt. Durch den Abbau der maternalen Antikörper und den langsamen Aufbau der eigenen Immunabwehr entsteht eine sogenannte «immunologische Lücke», die je nach Kalb während der 2. und 7. Lebenswoche in Erscheinung tritt (Abb. 5) (Chase, Hurley und Reber 2008, Hulbert und Moisa 2016, Lopez, et al. 2020). Während dieser Zeit verfügt das Kalb über eine verringerte Konzentration an Antikörpern und ist entsprechend anfälliger für Krankheiten (Moos 2006). Es sollte insbesondere während dieser Zeit vor Stress bewahrt werden, da sich dieser zusätzlich negativ auf das Immunsystem auswirkt und zu einer Immunsuppression führt (May, et al. 1979). In einer Untersuchung an 20 Kälbern, die Kolostrum über die Flasche erhielten, dauerte der Aufbau der aktiven Immunität ca. 6 Wochen, wobei die durchschnittliche Konzentration an IgG in der 9. Woche am tiefsten war (Haessig, Stadler und Lutz 2007). Nach einer aktuellen Studie zeigen Kälber etwa ab der 12.-14. Lebenswoche einen

Antikörperspiegel mit eigens produzierten Immunglobulinen auf hohem Niveau (Lopez, et al. 2020).

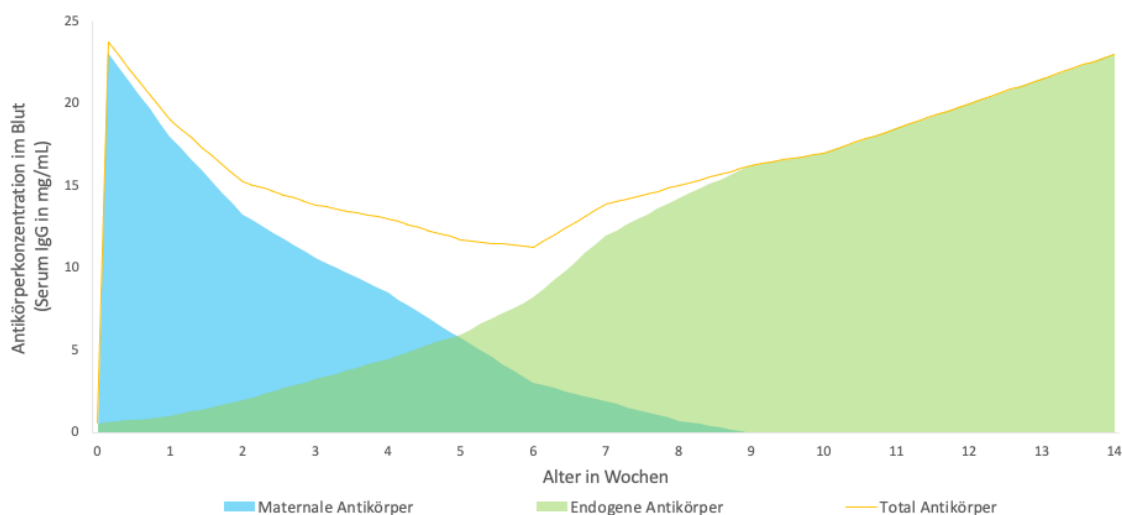


Abb. 5 Entwicklung der Antikörperkonzentration im Blutserum (IgG in mg/ml) bei Kälbern von der Geburt bis zur 14. Lebenswoche (grafisch dargestellte Daten aus Chase, Hurley & Reber 2008, Hulbert & Moisa 2016, Wilm, et al 2018, Lopez, et al 2020)

Die Menge der Antikörper, welche das Kalb von seiner Mutter erhält, beeinflusst die Entwicklung des adaptiven Immunsystems des Kalbes. Je mehr Antikörper das Kalb von der Mutter erhält, umso später steigt der Spiegel der eigens produzierten Immunglobuline. Die Halbwertszeit der maternalen Antikörper beträgt – je nach Antikörper – mehrere Tage bis mehrere Wochen (Tizard 2018). Es kann generell gesagt werden, dass je länger das Kalb mit maternalen Antikörpern versorgt ist, umso später beginnt es mit der Produktion eigener Antikörper in nennenswerter Masse. Da die maternalen Antikörper eine hemmende Wirkung auf die Synthese eigener Antikörper haben ist eine Phase der erhöhten Anfälligkeit zu erkranken («immunologische Lücke») unumgänglich, einzig der Zeitpunkt ist von Kalb zu Kalb etwas unterschiedlich.

Wann und warum sind die maternalen Antikörper die besten?

Auch nach der kolostralen Phase werden dem Jungtier über die Muttermilch weiterhin spezifische Antikörper bereitgestellt, wenn auch in deutlich geringerer Konzentration (Abb. 4) (Hurley 2003). Diese Antikörper wirken dann lokal z.B. im Darm, da sie nicht mehr ins Blut gelangen (wie oben beschrieben ist die Absorption nur während den ersten Stunden postnatal möglich). Im Darm können sie jedoch weiterhin gegen Erkrankungen des Verdauungstraktes hilfreich sein. Beim Menschen konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Neugeborene, welche Muttermilch von der Brust erhielten, ein 2.3-fach geringeres Risiko hatten, an bakteriellem Durchfall zu erkranken als Kinder, welche nicht an der Brust gestillt wurden (Ruiz-Palacios, et al. 1990). In der Milch wurden dabei spezifische IgA-Antikörper gegen den Krankheitserreger gefunden. Dies legt nahe, dass die Mutter auf

vorhandene Pathogene reagiert und die entsprechenden Antikörper für ihr Kind über die Milch bereitstellt und damit das Immunsystem des Kindes stärken kann. Die (werdende) Mutter reagiert also – wie jedes immunkompetente Lebewesen - auf Antigene, mit welchen sie in Kontakt kommt, in dem sie dafür spezifische Antikörper produziert. Natürlicherweise wird das Jungtier in die gleiche Umgebung hineingeboren, in der auch die Mutter ist und es kommt folglich mit den gleichen Erregern in Kontakt. Die von der Mutter zur Verfügung gestellten Antikörper schützen ihr Jungtier deshalb sehr spezifisch. Befinden sich Jungtier und Muttertier jedoch in unterschiedlichen Umgebungen (z.B. in anderen Stallungen, auf unterschiedlichen Betrieben) und haben keinen Kontakt zueinander, fehlt dem Jungtier der umgebungsspezifische Schutz durch die „passenden“ maternalen Antikörper und die Wahrscheinlichkeit, dass es erkrankt ist hoch. Dieser physiologisch adaptive Schutz durch maternale Antikörper ist auch die Grundlage für eine pränatale Impfung des Muttertiers mit Erregern aus dem Kälberstall (d.h. der Tierarzt imitiert hier mit seiner Impfung die Anwesenheit von Krankheitserregern in der Natur).

Einfluss des Saugens und des Mutterkontakts auf die Antikörper-Absorption

Eine Studie an Kälbern zeigte, dass Kälber mit infektiösen Durchfallerkrankungen meist eine tiefere IgG-Konzentration (Immunglobulin Gamma) im Blut aufweisen (Lipp 2005). Die ersten Immunglobuline - der grösste Anteil sind IgG - erhalten die Kälber über das Kolostrum unmittelbar nach der Geburt. Die Konzentration von IgG in der Biestmilch hängt unter anderem von der Anzahl Laktationen des Muttertiers ab (Lipp 2005). So weisen primipare (=erstgebärende) Kühe generell ein qualitativ schlechteres Kolostrum auf als ältere Kühe (Weaver, et al. 2000, Fukushima, et al. 2004). Larson, Pierce und Randle (1998) beschreiben, dass mit der Flasche oder Sonde verabreichtes Kolostrum oder Kolostrumersatz nicht so effektiv war, wie das natürliche Saugen und es reduzierte die Erkrankungs- und Todesrate nicht. In einer älteren Studie (Stott, Marx, et al. 1979d) wurde festgestellt, dass der passive Transfer von Immunglobulinen, insbesondere die maximale Absorptionsrate von Immunglobulinen aus dem Dünndarm, bei den Kälbern, die Kolostrum direkt vom Euter der Mutter aufnahmen, höher lag als bei Kälbern, die mittels Saugflasche getränkt wurden. Vermutet wird ein spezieller Faktor (möglicherweise ein Hormon im Drüsensekret), der im frischen Kolostrum auf das Kalb übertragen wird und wie ein Botenstoff die Aktivität der Darmepithelzellen anregt und einen raschen Transport der wichtigen Inhaltsstoffe in den Blutkreislauf stimuliert. Ähnlich positive Effekte durch das Saugen bei der Mutter auf die Immunglobulin-Absorption bei Kälbern beschreibt Tizard (2018). Bei am Muttertier saugenden Kälbern wurde 48h nach der Geburt eine durchschnittlich höhere IgG-Konzentration beobachtet, als bei Kälbern die von ihrer Mutter getrennt gehalten wurden (Selman, EcEwan und Fisher 1971, Suh, et al. 2003). Dieser Effekt konnte im Rahmen einer Feldstudie, die verschiedene Haltungformen mit und ohne Kuhkontakt (Mütter und Ammen) miteinander verglich, nicht wiederholt werden. Es wurde jedoch allgemein festgestellt, dass der Gehalt an Totalprotein im Blut der Kälber durch den Kuhkontakt

(Mutter und/oder Ammen) positiv beeinflusst wurde (Hillmann, Bruckmaier und Buchli 2018). Der Totalprotein-Wert wird u.a. durch die Menge an Immunglobulinen beeinflusst.

Entscheidend ist in jedem Fall, dass das Kalb während den ersten Stunden nach der Geburt das Kolostrum auch aufnimmt. Deshalb ist es wichtig, dass der Landwirt/die Landwirtin die ersten Saugakte überwacht und falls nötig (z.B. bei zu schwacher Sauglust nach einer Schweregeburt) unterstützend eingreifen kann.

Kälbergesundheit und die Trennung vom Muttertier

Als Grund für die rasche Trennung von Kalb und Kuh wird nebst den wirtschaftlichen Aspekten (mehr Milch für den Verkauf) auch der Schutz des Kalbes vor möglichen Krankheitserregern, welche von der Mutter übertragen werden könnten, genannt. Trotz der weit verbreiteten üblichen Praxis gibt es gemäss Beaver et al. (2019) jedoch keine Evidenz, dass eine frühe Trennung der Mutterkuh und ihrem Kalb einen förderlichen Effekt auf die Gesundheit der Kälber hat. Das Vertränken von Milch mittels Kessel, Nuggi oder Flasche stellt sogar ein Kontaminationsrisiko der vertränkten Milch dar. In verschiedenen Studien wurden Unterschiede von Kälbern, die mit Kontakt zu einer erwachsenen Kuh (Mutter oder Amme) aufgewachsen sind, zu Kälbern ohne Kuhkontakt untersucht. Es konnte unter anderem mehrfach gezeigt werden, dass kuhgebundene Kälber im Vergleich zu Kälbern ohne Kuhkontakt eindeutig schneller bzw. in höheren Tageszunahmen an Gewicht zulegen und weniger Fehlverhalten zeigen (wie z.B. gegenseitiges Besaugen) (Ehrlich 2003, Fröberg, et al. 2008, Roth, et al. 2009, Johnsen, et al. 2015, Ivemeyer, et al. 2016, Zipp 2018, Eppenstein 2019, Meagher, et al. 2019). Was die Gesundheit der Kälber angeht wurde einerseits beobachtet, dass es durch kuhgebundene Aufzucht häufiger zu Durchfall kommen kann (Roth, et al. 2009). Dieser «dünne Mist» widerspiegelt jedoch meist keine Infektion, sondern wird durch das Trinken von zu viel Milch ausgelöst. Sofern das Kalb sich davon wieder erholt ohne sekundären bakteriellen Infekt, sind hier keine antibiotischen oder anderen medikamentösen Behandlungen notwendig. Das Trinken von zu viel Milch tritt nicht in allen Formen der kuhgebundenen Kälberaufzucht in gleichem Masse auf. So kann beispielsweise bei der restriktiven Variante der muttergebundenen Kälberaufzucht die übermässige Aufnahme von Milch minimiert werden, indem vor dem Saugen ein Teil der Milch gemolken wird. In weiteren Studien konnte gezeigt werden, dass der Gesundheitszustand von Kälbern mit langfristigem Kuhkontakt tendenziell besser ist (Hillmann, Bruckmaier und Buchli 2018). Beaver et al. (2019) schreiben u.a. sogar von einem positiven Effekt des Saugens am Euter auf Kälberruhr und einer tieferen Mortalität aufgrund Durchfallerkrankungen bei muttergebunden aufgezogenen Kälbern im Vergleich zu Kälbern die mutterlos gehalten und mit dem Eimer getränkt wurden. Kälber in kuhgebundener Aufzucht erhielten nach Eppenstein (2019) weniger oft antimikrobielle Behandlungen. Es ist jedoch zu beachten, dass viele Faktoren eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit der Kälbergesundheit spielen. Dies erschwert einen absoluten Vergleich von Haltungssystemen auf Praxisbetrieben enorm. Erst recht, wenn die Anzahl der Betriebe eher tief ist, jeder etwas anders wirtschaftet und kein System gleich ist wie das andere (z.B. bzgl. Kontaktdauer

zur Kuh, Mutter oder Ammen, Stallklima, Hygiene, um nur ein paar dieser Faktoren zu nennen). Bei den Haltungssystemen der kuhgebundenen Aufzucht (Kontakt zu Mutter oder Ammen) verändert sich die Art der Arbeit im Vergleich zur herkömmlichen Kälberhaltung in der Milchproduktion insofern, als dass Kälber nicht mehr vom Menschen getränkt werden, der Fokus aber vermehrt auf die Tierbeobachtung gesetzt werden soll. Eine gute Tierbeobachtung und Überwachung der Kälber ist ebenfalls ein Faktor, der sich positiv auf die Kälbergesundheit auswirkt. Ausserdem werden heute viele dieser Betriebe ökologisch bewirtschaftet, weshalb dort mit der Verabreichung von Antibiotika generell zurückhaltender umgegangen wird (Eppenstein 2019).

Muttergebunden aufgezogene Kälber haben bis über die Kolostralphase hinaus Kontakt zu ihrer Mutter und können an ihrem Euter saugen. Wie lange die Kälber bei den Kühen bleiben und zu welchem Zeitpunkt sie letztlich von ihrer Mutter abgesetzt werden ist nicht definiert und wird auch sehr unterschiedlich gehandhabt. Das Absetzen und/oder ein Verbringen der Jungtiere an einen neuen Ort ist in jedem Fall mit grossem Stress verbunden. Zum einen soll das Absetzen deshalb möglichst schonend umgesetzt werden, was meist mit einem schrittweisen Absetzen einhergeht. Das graduelle Reduzieren der Kontakte wirkt sich positiv auf den Absetzstress von Kuh und Kalb aus (Loberg, et al. 2008). Zum andern ist aus Sicht der Kälbergesundheit wie bereits beschrieben, der Absetzzeitpunkt so zu wählen, dass das Kalb zu diesem Zeitpunkt bereits möglichst gut mit Antikörpern versorgt ist und das Immunsystem insgesamt einen gewissen Reifegrad erlangt hat. Somit wird es nicht zwangsläufig erkranken, aufgrund des mit der Veränderung verbundenen Stresses. Aufgrund der oben beschriebenen immunologischen Lücke sollte diese Trennung nicht vor der 8.-10. Lebenswoche erfolgen. Gerade bei Kälbern, die über eine gute passive Immunität verfügen, indem sie quantitativ und qualitativ gut mit maternalen Antikörpern versorgt wurden, setzt die Bildung eigener Antikörper erst später ein. Folglich ist bei solchen Kälbern eine ausgereifte aktive Immunität eher erst ab der 12. Lebenswoche zu erwarten (siehe Abb. 5). Das Immunsystem jedes Kalbes macht eine postnatale Reifung durch. Die beschriebene Zunahme der Antikörper im Verlaufe der Zeit ist hierfür nur ein Indikator. So zeigt sich diese Reifung auch in einer Zunahme der Immunzellen und einem enormen Ausbau des lymphatischen Gewebes in den Schleimhäuten (Malmuthuge, Griebel und Guan 2015). Das bedeutet generell, je älter das Kalb, umso höher und breiter seine Resistenz gegenüber Krankheitserregern. Dies spricht für ein Absetzen in fortgeschrittenem Kälberalter. Auch die Zusammensetzung der Milch, welche spezifisch auf die gesunde Entwicklung des Jungtiers angepasst ist, und die damit verbundene Übertragung wichtiger Inhaltsstoffe wie Vitamine von der Mutter auf das Kalb, spricht für ein Absetzen erst nach mehreren Wochen oder Monaten. Aus ethologischer Sicht kann ergänzend gesagt werden, dass ein Absetzen nach mehreren Wochen und Monaten auch der Natur von Kuh und Kalb (Absetzen mit 6 bis 10 Monaten) am nächsten kommt.

Schlussfolgerung

Die Entwicklung des Immunsystems eines Kalbes hängt von vielen Faktoren ab. In der ersten Phase steht zusätzlich zum nativen Immunsystem des Kalbes, die passive Immunität mit maternalen Antikörpern im Vordergrund. Diese passive Immunität wird mit der Zeit von der aktiven Immunität abgelöst, in dem das Kalb mit der Bildung eigener Antikörper beginnt und die Konzentration dieser endogenen Antikörper stark ansteigt.

Antikörper werden vom Muttertier bereits vor der Geburt des Kalbes umgebungsspezifisch produziert und dem Kalb nach der Geburt über das Kolostrum weitergegeben. Der Kontakt zwischen Muttertier und Kalb hat aufgrund der umgebungsspezifischen Antikörperbereitstellung einen positiven Effekt auf die passive Immunität und damit den Start ins Leben eines Kalbes. Sofern Mutter und Kalb Kontakt zueinander haben und dadurch mit den gleichen Erregern in Kontakt kommen, ist das Kalb somit sehr gut vor den präsenten Pathogenen geschützt. Wächst das Kalb jedoch in einer anderen Umgebung als das Muttertier auf und/oder erhält es nicht in ausreichendem Masse deren Kolostrum und Milch, kann es nicht unmittelbar auf vorhandene Krankheitserreger reagieren und erkrankt mit einer höheren Wahrscheinlichkeit. Die passive Immunität des Kalbes ist generell umso besser je umgebungsspezifischer die bereitgestellten maternalen Antikörper sind. Bei der Mutter-Kalb-Haltung ist die Umgebung der Mutter auch grösstenteils die Umgebung des Kalbes, wodurch die maternalen Antikörper sehr spezifisch sind für die vorhandenen Krankheitskeime. Zudem wird in der Literatur beschrieben, dass das Saugen am Euter bzw. schon die alleinige Anwesenheit der Mutter einen positiven Effekt auf die Absorption der maternalen Antikörper im Darm des Kalbes hat.

Die sogenannte «immunologische» Lücke, d.h. der Übergang vom passiven zum aktiven Immunsystem, ist aufgrund der negativen Regulierung der maternalen Antikörper unumgänglich. Da der Zeitpunkt dieser erhöhten Empfänglichkeit von Krankheiten zu einem grossen Teil von der Aufnahme der maternalen Antikörper abhängt, kann dieser nicht exakt und generell für jedes Kalb gültig festgelegt werden (Richtwert: zwischen der 2. und 7. Lebenswoche). Es sollte aus immunologischer Sicht jedoch klar vermieden werden, das Kalb während dieser Phase grossem Stress auszusetzen, da Stress einen zusätzlich negativen Effekt auf das Immunsystem hat.

Eine Trennung der Mutter von ihrem Kalb bzw. das Absetzen des Kalbes ist mit Stress sowohl für die Mutter als auch für das Kalb verbunden. Auch für ein mutterlos aufgezogenes Kalb, welches nur von der Milch abgesetzt wird oder ein Kalb, welches in eine neue Umgebung transportiert wird, bedeutet dies ausgeprägten Stress. Aus Gründen der Kälbergesundheit sollte weder das Absetzen noch ein Umplatzen des Kalbs auf einen anderen Betrieb in einer Phase erfolgen, in der das Kalb bereits geschwächt ist, da dann das Risiko einer Erkrankung des Kalbes und damit auch die Wahrscheinlichkeit von Arzneimittelinsätzen stark erhöht ist. D.h. das Absetzen oder das Verbringen des Kalbes in eine neue Umgebung sollte idealerweise erst dann erfolgen, wenn dessen Immunsystem

möglichst ausgreift ist und dadurch den damit verbundenen Stress „abfedern“, auf neue Krankheitserreger reagieren und diese möglichst rasch und effektiv bekämpfen kann (=erhöhte Resistenz).

Das Absetzalter bzw. die Trennung vom Muttertier und der z.T. damit verbundene Umgebungswechsel ist folglich aus immunologischer Sicht umso sinnvoller je älter das Kalb. Der allergrösste Teil der Kälber verfügt im Alter von 12 Wochen über eine gut entwickelte spezifische Immunität. Da diese Entwicklung jedoch von verschiedenen Faktoren abhängt, ist dieser Zeitpunkt von Kalb zu Kalb unterschiedlich; gewisse Kälber werden auch bereits mit 10 Wochen eine Vielzahl an Antikörper gebildet haben. Da die Reifung des Immunsystems postnatal stetig zunimmt (Zunahme der Immunzellen und des lymphatischen Gewebes) und die Milch das Kalb auch über die kolostrale Phase hinaus mit wertvollen Inhaltsstoffen versorgt, spricht dies generell für ein fortgeschrittenes Absetzalter. Werden Kälber erst mit einem ausgereiften Immunsystem abgesetzt, ist eine bessere Kälbergesundheit zu erwarten und eine systembedingte Notwendigkeit von Arzneimittleinsätzen entfällt. Nicht nur aus immunologischer, sondern auch aus ethologischer Sicht raten wir von einer Trennung von Mutter und Kalb nach nur wenigen Tagen oder Wochen dringend ab. Da im Alter von 12 Wochen sowohl von einem guten Antikörper-Spiegel ausgegangen werden kann als auch das Absetzen mit zunehmendem Alter der Natur von Kuh und Kalb näher kommt, erachten wir ein Absetzalter von mindestens 12 Wochen als angemessen.

Die Mutter-Kalb-Haltung in der Milchproduktion kann durch die längere Verweildauer der Kälber auf dem Betrieb und der umgebungsspezifischen Versorgung des Kalbes mit Antikörpern einen Beitrag leisten, um den Antibiotikaverbrauch in der Schweizer Kälberhaltung zu senken. Dies kommt wiederum Menschen, Tieren und unserer Umwelt zugute. Je mehr sich diese Haltungsform ausbreitet, desto grösser das Potential einer insgesamt verbesserten Kälbergesundheit in der Milchproduktion.

Dank

Wir danken der Haldimann-Stiftung für ihre Unterstützung und die Ermöglichung dieser Studie.

Literaturverzeichnis

ARCH-Vet. 2020. *Bericht über den Vertrieb von Antibiotika und die Antibiotikaresistenz in der Veterinärmedizin in der Schweiz 2019*. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärmedizin BLV.

Bähler, Corinne, und Martin Kaske. kein Datum. *Empfehlungen für eine optimierte Aufzucht und Mast von Kälbern*. Proviande, GST & Rindergesundheitsdienst.

- Beaver, Annabelle, Rebecca K Meagher, Marina A G von Keyserlingk, und Daniel M Weary. 2019. «A systematic review of the effects of early separation on dairy cow and calf health.» *Journal of Dairy Science*.
- Bodmer, Michèle. 2013. «Kälbergesundheit in der Mutterkuhhaltung.» *Die Mutterkuh*.
- Campbell, Neil A, und Jane B Reece. 2009. *Das Immunsystem*. Bd. 8. Auflage, in *Biologie*, von Neil A Campbell und Jane B Reece. München: Pearson Deutschland.
- Chase, Christopher C L, David J Hurley, und Adrian J Reber. 2008. «Neonatal immun development in the calf and its impact on vaccine response.» *Veterinary Clinics Food Animal Practice*.
- Ehrlich, M E. 2003. *Muttergebundene Kälberaufzucht in der ökologischen Milchviehhaltung*. Kassel: Universität.
- Eppenstein, Rennie C. 2019. «The health of dairy calves reared with udder access.» *MSc-Thesis*.
- Felber, Anna. 2017. «Die trächtige Mutterkuh prägt das Immunsystem des Kalbes.» *Die Mutterkuh*.
- Fröberg, S, E Gratte, K Svennersten-Sjaunja, I Olsson, C Berg, A Orihuela, C S Galina, B Garcia, und L Lidfors. 2008. «Effect of suckling on dairy cow's udder health and milk let-down and their calves' weight gain, feed intake and behaviour.» *Applied Animal Behaviour Science*.
- Fukushima, M, M Kibushi, M Sakase, and M Noda. 2004. "The effect of additive feeding of the freeze or spray-dried colostrum on the increase in serum immunoglobulin G concentration during the first 24 hours after parturition between different lactation number of Japanese black beef cows." *Bulletin of the Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries. Anima Husbandry Section (Japan)*.
- Gresset, Fabienne, Lauriane Dani, Pascal Python, und Marc Boessinger. 2019. *Kampf gegen Antibiotikaresistenzen: Verminderung und Optimierung des Antibiotikaeinsatzes in der Tierhaltung*. Lindau: Agridea.
- Gresset, Fabienne, Lauriane Dani, und Pascal Python. 2018. *Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung reduzieren*. Lindau: Agridea.
- GST. 2020. *Kälber in der Mast: GST fordert gesündere Systeme*. Bern: Gesellschaft Schweizer Tierärzte.
- Haessig, M, M Stadler, und H Lutz. 2007. «Transition from maternal to endogenous antibodies in newborn calves.» *The Veterinary Record*.
- Hillmann, Edna, Rupert Bruckmaier, und Cornelia Buchli. 2018. «Verbessert der Kontakt zur Kuh in der Tränkeperiode die Kälbergesundheit?» *Manuscript*.
- Hulbert, Lindsey E, und Sonia J Moisa. 2016. «Stress, immunity, and the management of calves.» *Journal of Dairy Science*.
- Hurley, W L. 2003. «Immunoglobulins in mammary secretions.» In *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins*, 421-447. Boston, MA: Springer.

- Ivemeyer, Silvia, Anna Kenner, Mechthild Knösel, and Ute Knierim. 2016. "Milchaufnahme von Tränkekälbern in einem System der muttergebundenen Kälberaufzucht." *KTBL-Schrift* (Fachgruppe Ethologie und Tierhaltung) 511: 81.
- Johnsen, J F, A M De Passile, C M Mejdell, K E Boe, A M Grondahl, A Beaver, J Rushen, and D M Weary. 2015. "The effect of nursing on the cow-calf bond." *Applied Animal Behaviour Science*.
- Kohler, Philip. 2019. «Vergleich zwischen klassischer Vollmilchtränke und muttergebundener Kälberaufzucht unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit.» *Meisterarbeit*.
- Krohn, C C. 2001. «Effects of different suckling systems on milk production, udder health, reproduction, calf growth and some behavioural aspects in high producing dairy cows - a review.» *Applied Animal Behaviour Science*.
- Läderach, Christian. 2018. «Antibiotikaeinsatz in der Mutterkuhhaltung.» *Die Mutterkuh*.
- Larson, R L, V L Pierce, and R F Randle. 1998. "Economic evaluation of neonatal health and protection programs for cattle." *Journal of the American Veterinary Medical Association*.
- Lipp, Kristina. 2005. «Feldstudie zur kolostralen Immunoglobulin-Versorgung neugeborener Kälber in Abhängigkeit von der Verweildauer beim Muttertier.» *PhD-Thesis*.
- Loberg, J M, C E Hernandez, T Thierfelder, M B Jensen, C Berg, and L Lidfors. 2008. «Weaning and separation in two steps: a way to decrease stress in dairy calves suckled by foster cows.» *Applied Animal Behaviour Science*.
- Lopez, A J, C M Jones, A J Geiger, and A J Heinrichs. 2020. «Variation in serum immunoglobulin G concentrations from birth to 112 days of age in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer or maternal colostrum.» *Journal of Dairy Science*.
- Lupoli, Berit, Brigitta Johansson, Kerstin Uvnäs-Moberg, und Kerstin Svennersten-Sjaunja. 2001. «Effect of suckling on the release of oxytocin, prolactin, cortisol, gastrin, cholecystokinin, somatostatin and insulin in dairy cows and their calves.» *Journal of Dairy Science*.
- Malmuthuge, Nilusha, Philip J Griebel, und Le Lou Guan. 2015. «The gut microbiome and its potential role in the development and function of newborn calf gastrointestinal tract.» *Frontiers in Veterinary Science*.
- May, I, I Manoiu, C Donta, M Tetu, C Vior, und S Moldovan. 1979. «Stress und Immunität beim Rind.» *Arch. Exp. Veterinärmed*.
- Meagher, Rebecca K, Annabelle Beaver, Daniel M Weary, und Marina A G von Keyserlingk. 2019. «A systematic review of the effects of prolonged cow-calf contact on behaviour, welfare and productivity.» *Journal of Dairy Science*.
- Metz, J, und J H.M. Metz. 1986. «Maternal Influence on Defecation and Urination in the Newborn Calf.» *Applied Animal Behaviour Science*.
- Moos, M. 2006. «Grundlagen.» In *Tierärztliche Impfpraxis*, von H.-J. Selbitz und M Moos. Enke.

- Roth, Beatrice A, Kerstin Barth, Lorenz Gygax, und Edna Hillmann. 2009. «Influence of artificial vs. mother-bonded rearing on sucking behaviour, health and weight gain in calves.» *Applied Animal Behaviour Science*.
- Ruiz-Palacios, Guillermo M, Juan J Calva, Larry K Pickering, Yolanda Lopez-Vidal, Patricia Volkow, Hugo Pezzarossi, und M Stewart West. 1990. «Protection of breast-fed infants against *Campylobacter* diarrhea by antibodies in human milk.» *Journal of Pediatrics*.
- Selman, I E, A D EcEwan, und E W Fisher. 1971. «Studies on dairy calves allowed to suckle their dams at afixed times post partum.» *Research in Veterinary Science*.
- Stott, G H, F Wiersma, B E Menefee, und F R Rdwanski. 1976. «Influence of Environment on Passive Immunity in Calves.» *Journal of Dairy Science*.
- Stott, G H, D B Marx, B E Menefee, und G T Nightengale. 1979b. «Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves - II. The Rate of Absorption.» *Journal of Dairy Science*.
- Stott, G H, D B Marx, B E Menefee, und G T Nightengale. 1979d. «Colostrum Immunoglobulin Transfer in Calves - IV. Effect of Suckling.» *Journal of Dairy Science*.
- Suh, Guk-Hyun, Tai-Young Hur, Dong-Soon Son, Chang-yong Choe, Young-Hun Jung, Byeong-suk Ahn, Chai-Yong Lee, und Chung-Gil Lee. 2003. «Difference in the serum immunoglobulin concentrations between dairy and beef calves from birth to 14 days of age.» *Journal of Veterninary Science*.
- Telemo, Esbjörn, und Lars A Hanson. 1996. «Antibodies in Milk.» *Journal of Mammar Gland Biology and Neoplasia*.
- Tizard, Ian. 2018. *Veterinary Immunology*. Bd. Tenth edition. St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Universität Bern. 2021. *Gesunde Rinder - Kolostrummanagement*. Zugriff am 08. 04 2021. <https://www.gesunderinder.unibe.ch/aufzucht/aufzuchtkaelber/fuetterung/kolostrummanagement/>.
- Verbrugghe, Elin, Filip Boyen, Gaastra Wim, Leonie Bekhuis, Bregje Leyman, Alexander Van Parys, Freddy Haesebrouck, und Frank Pasmans. 2012. «The complex interplay between stress and bacterial infections in animals.» *Veterinary Microbiology*.
- Weaver, Dusty M, Jeff W Tyler, David C VanMetre, Douglas E Hostetler, und George M Barrington. 2000. «Passive Transfer of Colostrum Immunoglobulins in Calves.» *Journal of Veterinary Medicine*.
- Wilm, Jensine, Joao H.C. Costa, Heather W Neave, Daniel M Weary, und Marina A.G. von Keyserlingk. 2018. «Serum total protein and immunoglobulin G concentrations in neonatal dairy calves over the first 10 days of age.» *Journal of Dairy Science*.
- Zipp, Katharina. 2018. *How to tackle alveolar milk ejection problems during milking in dam rearing?* Dissertation, Kassel: Universität.