

Abschlußkolloquium zur Rinderstudie am 29.11.2000 im BStMLU

Die Auftragnehmer haben Ihre Ergebnisse anlässlich des Abschlußkolloquiums im StMLU vorgestellt und unter Moderation von Herrn Dr. Carius/Akademie für Technikfolgenabschätzung Stuttgart mit folgendem Teilnehmerkreis diskutiert:

Prof. Dr. Abelin/Universität Bern, Prof. Dr. Käs/Bundeswehrhochschule Neubiberg, Prof. Dr. Klee/LMU München, Prof. Dr. Kreienbrock/Universität Hannover, Prof. Dr. Löscher/Universität Hannover, Frau Dr. J. Brix/Bundesamt für Strahlenschutz Neuherberg, Vertreter der Mobilfunkbetreiber: Deutsche Telekom MobilNet GmbH, E-Plus GmbH, Mannesmann Mobilfunk GmbH, VIAG Interkom GmbH, sowie Vertreter des StMAS, des StMLU und des LfU.

In der Abschlußdiskussion wurden einvernehmlich mit allen Anwesenden

folgendes Résumé gezogen:

- Ein Feldversuch, wie ihn die vorgestellte Studie darstellt, kann eine geeignete Studienart sein, um den Einfluß von elektromagnetischen Feldern von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern zu studieren.
- Nachträglich und nicht mehr rückgängig zu machen stellte sich bei der vorgelegten Studie heraus, daß bei der Auswahl der Betriebe verschiedene Confounder (=Einflußgrößen), wie z.B. Rinderrassen, die Rinderviruserkrankung BVD und die geographische Lage, zu wenig berücksichtigt worden sind. Diese Größen haben die Ergebnisse stark beeinflusst.
- In den Ergebnissen werden Tendenzen gesehen, die weitere Forschung erforderlich machen.
- Es gibt verschiedene ergänzende Methoden für eine weitergehende Analyse der Studiendaten, wie z.B. eine Power-Analyse oder eine individuelle Auswertung der Einzeltierdaten, die zu weiterem Erkenntnisgewinn führen könnten.
- Priorität für eine solche Zusatzanalyse sollten die klinisch-genetischen, hämatologischen und chemischen Parameter haben.
- Sollten weiterführende Studien vergeben werden, so müßten dies primär Studien zu Leistungsparametern (z.B. Milch) und zu Verhalten von Rindern unter besser kontrollierten Bedingungen sein.

Kurzfassung des Endberichtes

über die

**"Untersuchungen zum Einfluß elektromagnetischer Felder von
Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von
Rindern"**

Teil 1 – Messtechnische Ermittlung der Feldexposition

**Teil 2 – Klinisch-genetische, -hämatologische, -chemische
und epidemiologische Untersuchungen**

Teil 3 – Verhalten und Labortests

Diese Studie wurde im Auftrag
des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen von der
Ingenieurgemeinschaft für Geowissenschaften und Umwelttechnik München¹,
vom
Institut für Veterinärpathologie - Fachgebiet Veterinärmedizinische Genetik und
Zytogenetik - der
Justus-Liebig-Universität Gießen²
und dem
Institut für Tierhygiene, Verhaltenskunde und Tierschutz der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München³
erstellt

Autoren:

¹Dr. Matthias Wuschek

² Dr. Klaus Volmer, Dr. Werner Hecht, Prof. Dr. Alexander Herzog

³ Dr. Christoph Wenzel, Dr. Anna-Caroline Wöhr, Martina Klempt, Prof. Dr. Jürgen Unsheim

1. Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Untersuchungen zum Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern" wurden im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen in den Jahren 1998 bis 2000 umfangreiche Untersuchungen in landwirtschaftlichen Betrieben mit Rinderhaltung durchgeführt.

Das Institut für Veterinärpathologie, Fachgebiet für Veterinärmedizinische Genetik und Zytogenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen hat dazu epidemiologische, klinische, klinisch-genetische, klinisch-hämatologische und serologische Untersuchungen durchgeführt. Vom Institut für Tierhygiene, Verhaltenskunde und Tierschutz der Tierärztlichen Fakultät der Ludwigs-Maximilians-Universität München wurden verhaltenskundliche, tierhygienische, epidemiologische und physiologische Untersuchungen vorgenommen. Die Messung der elektromagnetischen Exposition in den einzelnen Betrieben erfolgte durch die Ingenieurgemeinschaft für Geowissenschaften und Umwelttechnik, München.

2. Untersuchungen und Ergebnisse der drei Arbeitsgruppen

2.1 Messtechnische Ermittlung der Feldexposition

2.1.1 Einführung

Untersuchungsgegenstand waren 38 Tierhaltungen, verteilt auf die Bundesländer Bayern und Hessen. Die Betriebe befanden sich zu etwa gleichen Teilen in unmittelbarer Nähe bzw. in sehr weiter Entfernung zu Mobilfunksendeanlagen des D- und E-Netzes. Mit dieser Auswahl sollte erreicht werden, dass die Rinderhaltungen in zwei Gruppen mit möglichst stark unterschiedlicher Feldexposition unterteilt werden können.

Nach der ersten Messkampagne, die hauptsächlich im Sommer und Herbst 1998 durchgeführt wurde, wurden aufgrund der jeweils im Stall gemessenen Felder, Einteilungen der Betriebe in Gruppen mit deutlich unterschiedlicher Exposition bezüglich der Immissionen des GSM-Mobilfunks vorgeschlagen. Zusätzlich wurden im Rahmen dieser Messungen auch die Feldstärkewerte der sonst noch vor Ort wirksamen Sender (z.B. Rundfunk und TV) festgestellt, um für jeden Hof ein Bild der "Gesamtexposition" durch hochfrequente Felder zu erhalten.

Eine in jedem Stall ebenfalls durchgeführte Überprüfung der niederfrequenten Magnetfelder ergab in keinem der 38 Betriebe ungewöhnlich hohe Werte. Eine zusätzliche Berücksichtigung der Niederfrequenzfelder im Rahmen der Studie war daher nicht notwendig.

Um die Größe der in Gebäuden immer vorhandenen räumlichen Feldstärkeschwankungen besser einschätzen zu können, wurden im Sommer 1999 bei einer zweiten Messkampagne in insgesamt acht Ställen ausführliche Homogenitätsmessungen durchgeführt. Mittels der Ergebnisse dieser Untersuchungen konnte die Zuverlässigkeit der vorgenommenen Klassifizierung der 38 Betriebe noch weiter untermauert werden.

Zur Kontrolle der zeitlichen Veränderung der Immission, wurden am Ende des tiermedizinischen Beobachtungszeitraumes (Sommer 2000) bei insgesamt 17 der 38 Betriebe Nachmessungen durchgeführt. Es wurden die Höfe nochmals besucht, bei denen wegen Neu- oder Umbaumaßnahmen der Netzbetreiber nennenswerte Veränderungen der GSM-Felder nicht ausgeschlossen werden konnten. Die Ergebnisse dieser Nachmessungen führten jedoch zu keinen so gravierenden Feldstärkeveränderungen, dass die im Rahmen der ersten Messkampagne getroffenen Gruppeneinteilungen der Höfe in Frage gestellt werden mussten. Für keinen der 38 Betriebe ergab sich die Notwendigkeit einer Umgruppierung.

2.1.2 Immissionsklassifizierung mit Untergruppen

2.1.2.1 Unterteilung der Betriebe in vier Gruppen

Zur Lokalisierung möglichst stark unterschiedlich exponierter Höfe und zum Zweck der Berücksichtigung anderer HF-Immissionen, die eventuell die Aussagekraft der tiermedizinischen Untersuchungsergebnisse in Frage stellen könnten, wurde eine Einteilung der 38 Betriebe in vier Expositionsgruppen (A – D) vorgeschlagen. Die Gruppeneinteilung erfolgte dabei nach folgenden Kriterien:

- | | |
|-----------|--|
| Gruppe A: | Summenexposition durch GSM-Felder über 0,337‰ des gesetzlichen Grenzwertes. Die GSM-Immission macht auch mehr als 50% der Gesamtmission am Messort aus. |
| Gruppe B: | Summenexposition durch GSM-Felder über 0,337‰. Die GSM-Immission macht jedoch weniger als 50% der Gesamtmission am Messort aus. |
| Gruppe C: | Summenexposition durch GSM-Felder unter 0,337‰, die Summenimmission, verursacht durch andere Quellen liegt allerdings über dem Durchschnitt aus allen Messungen. |
| Gruppe D: | Summenexposition durch GSM-Felder unter 0,337‰, die Summenimmission, verursacht durch andere Quellen liegt ebenfalls unter dem Durchschnitt aus allen Messungen. |

Anmerkung: Der Wert von 0,337‰ wurde als Grenze gewählt, weil so ein relativ großer Sprung in der gemessenen GSM-Exposition zwischen dem am stärksten exponierten Hof in C und dem am schwächsten exponierten Betrieb in B entsteht und außerdem dann etwa gleich viele Höfe in Gruppe A und B beziehungsweise C und D eingeordnet werden.

Am gegensätzlichsten exponiert sind gemäß dieser Einteilung dann die Ställe von Gruppe A (12 Betriebe) und D (13 Betriebe). Diese Höfe sind somit besonders gut für vergleichende Untersuchungen geeignet, da verfälschende Ergebnisse durch Felder von anderen Funkdiensten als dem GSM-Mobilfunk besonders unwahrscheinlich sind.

Abbildung 1 zeigt die mittels der Ergebnisse der Messungen aus 1998/99 gefundene Unterteilung.

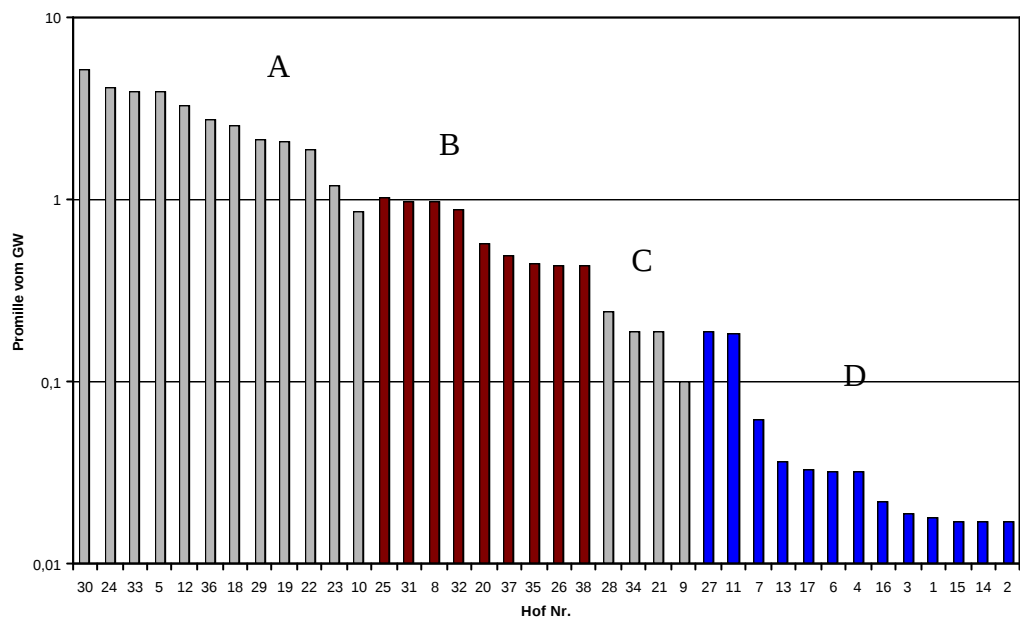


Abb. 1: Unterteilung der 38 Betriebe in vier Expositionsgruppen

Um die Größenordnung der gefundenen Unterschiede in der GSM-Exposition zu verdeutlichen, sind in folgender Tabelle die wichtigsten Kennwerte der am stärksten gegensätzlich exponierten Gruppen (A und D) tabellarisch dargestellt:

Kenngröße	Abkürzung	Wert
Größter Wert in A	A_{max}	5,193 ‰
Kleinster Wert in A	A_{min}	0,857 ‰
Durchschnittswert in A	A _{mittel}	2,832 ‰
Größter Wert in D	D_{max}	0,192 ‰
Kleinster Wert in D	D_{min}	0,017 ‰
Durchschnittswert in D	D _{mittel}	0,053 ‰
Minimale Distanz zwischen A und D (Unterschiedsfaktor)	A_{min} / D_{max}	4,46
Unterschiedsfaktor der Durchschnittswerte von A und D	A _{mittel} / D _{mittel}	54,4

Tab. 1: Gruppe A und D im Vergleich

Im Durchschnitt sind also die Höfe in Gruppe A um den Faktor 54,4 stärker exponiert als die Betriebe in Gruppe D. Auch zwischen Gruppe B und D ist bezüglich der GSM-Felder ein deutlicher

Immissionsunterschied feststellbar (Faktor 13,4). Allerdings sind bei Gruppe B die Felder, die durch andere Sendeanlagen erzeugt werden, größer als die vom GSM-Mobilfunk.

Bezüglich der GSM-Felder kann bei C und D nicht von einem deutlichen Unterschied gesprochen werden.

Aufgrund der im Rahmen dieser Studie im Inneren der einzelnen Ställe gefundenen und auch näher quantifizierten örtlichen Feldstärkeschwankungen, ist die vorgeschlagene Zuordnung zu einer der Gruppen immer für die ganze Herde gültig. Aus dem gleichen Grund dürfen auch nicht Betriebe, die sich in der gleichen Gruppe befinden, untereinander verglichen werden, denn die gefundenen Immissionsunterschiede zwischen manchen Höfen liegen unterhalb der durch die Feldinhomogenitäten bedingten Klassifizierungsunsicherheit (Diese ergab sich im Rahmen der Homogenitätsuntersuchungen zu ca. $\pm 50\%$).

2.1.2.2 Unterteilung der Betriebe in zwei Gruppen

Zusätzlich zur eben vorgestellten Einteilung in vier Gruppen, wurde noch eine einfache Unterteilung der 38 Rinderhaltungen in zwei Gruppen vorgeschlagen. Zur Expositionsgruppe (E) werden alle Betriebe gezählt, bei denen sich ein Summenexpositionsfaktor für GSM-Felder von mehr als 0,337‰ ergibt. Alle anderen Betriebe werden zur Kontrollgruppe (K) gezählt.

Es wird also für diese Einteilung nur die GSM-Immission berücksichtigt. Im Gegensatz zur Unterteilung in vier Gruppen, werden somit die Felder anderer Funksendeanlagen, die an einigen Höfen deutlich gegenüber den GSM-Feldern dominierten, nicht als Kofaktoren in die Klassifizierung einbezogen.

Vergleicht man diese Einteilung mit der Klassifizierung nach Kapitel 2.1 (vier Gruppen), so besteht die Gruppe E aus den Betrieben der Gruppen A und B, die Gruppe K hingegen aus den Höfen in C und D.

Tabelle 2 zeigt die wesentlichen Kenngrößen der beiden Gruppen E und K. Die Expositionsgruppe beinhaltet 21 Betriebe, für die Kontrollgruppe resultiert folglich eine Anzahl von 17 Betrieben.

Kenngröße	Abkürzung	Wert
Größter Wert in E	E_{max}	5,193 ‰
Kleinsten Wert in E	E_{min}	0,432 ‰
Durchschnittswert in E	E _{mittel}	1,916 ‰
Größter Wert in K	K_{max}	0,243 ‰
Kleinsten Wert in K	K_{min}	0,017 ‰
Durchschnittswert in K	K _{mittel}	0,083 ‰
Minimale Distanz zwischen E und K (Unterschiedsfaktor)	E_{min} / K_{max}	1,78
Unterschiedsfaktor der Durchschnittswerte von E und K	E _{mittel} / K _{mittel}	23,1

Tab. 2: Expositions- (E) und Kontrollgruppe (K) im Vergleich.

Man erkennt deutlich die wesentlich gegensätzlichere Exposition der Gruppen A und D im Vergleich zur Einteilung in zwei Gruppen E und K.

2.1.3 Zusammenfassung der messtechnischen Ermittlungen der Feldexposition

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mittels der in den Jahren 1998 bis 2000 durchgeführten Feldstärkemessungen eine Klassifizierung der 38 Betriebe in Gruppen mit deutlich unterschiedlicher GSM-Exposition reproduzierbar vorgenommen werden konnte. Zusätzlich durchgeführte Homogenitätsmessungen und Kontrollerhebungen am Ende des tiermedizinischen Beobachtungszeitraumes untermauerten die Zuverlässigkeit und die zeitliche Konsistenz der getroffenen Gruppeneinteilungen.

2.2 Klinisch-genetische, hämatologische, chemische und epidemiologische Untersuchungen

2.2.1 Datenbasis und Untersuchungsziel

Auf Grund des Auftretens von auffälligen Krankheitsbildern, Aborten, Missbildungen, auffälligen Verhaltensweisen und Leistungsrückgängen bei Milchkühen in zeitlicher Koinzidenz mit der Installation von Mobilfunksendeeinrichtungen an zahlreichen Standorten in Bayern und Hessen wurden klinische, tierhygienische, genetische, ethologische, epidemiologische und physiologische Untersuchungen durchgeführt.

Ziel der Studie war, mögliche Einflüsse von Hochfrequenzfeldern des Mobilfunks (GSM) auf Parameter zu untersuchen, die Hinweise auf den Gesundheitszustand der berücksichtigten Tiere geben können.

Die 38 Betriebe, die an der Studie teilnahmen, wurden zu etwa gleichen Teilen von den Mobilfunkunternehmen, vom Bayerischen Umweltministerium und von Haustierärzten benannt. In den Betrieben befanden sich während der Dauer der Studie etwa 1000 Milchkühe. Die Münchner Arbeitsgruppe reduzierte die Betriebszahl auf 30 (nur Anbindehaltung), da für die verhaltenskundlichen und physiologischen Untersuchungen möglichst einheitliche Haltungsbedingungen vorherrschen mussten.

Die Betriebe wurden nach Qualität und Quantität ihrer Hochfrequenzfeldbeaufschlagung, die von der Ingenieurgesellschaft für Geowissenschaften und Umwelttechnik München (wie in 2.1) ermittelt wurden, in vier Gruppen eingeteilt (Gruppe A = Überdurchschnittlich GSM, die auch >50% der Gesamtexposition ausmacht; Gruppe B = Überdurchschnittlich GSM, die <50% der Gesamtexposition ausmacht, Gruppe C = unterdurchschnittlich GSM, überdurchschnittliche UKW/TV-Exposition, Gruppe D= Kontrollgruppe ohne nennenswerte Feldbeaufschlagung).

Die Erhebungen zu allgemeinen Betriebsdaten, zur Milchleistung, Fruchtbarkeit, Krankheiten und besonderen Ereignissen wurden zum einen per Fragebogen, zum anderen vor Ort durchgeführt.

In den Betrieben wurden nach epidemiologischen Grundsätzen die 138 Probanden (1-14 Tiere pro Betrieb, in der Regel 3-5) ausgewählt. Die Auswahl wurde unter den Tieren vorgenommen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit während der Versuchsdauer im Betrieb verbleiben würden, also nicht an den Krankheiten litten, die zu den häufigsten Abgangsursachen von Milchkühen gehören (Sterilität, Euter- und Klauenkrankheiten) und war ansonsten zufällig. Von diesen Probanden wurden Blut- und Kotproben entnommen. Drei Gruppen von Parametern, bzw. deren Messwerte wurden erhoben. Erstens solche, die zum allgemeinen klinischen Repertoire gehören und diagnostisch von Bedeutung sein können (Enzyme, Substrate, Mengen und- Spurenelemente; 15 Parameter). Zweitens solche, die geeignet erscheinen, Auskunft geben über die immunologische Situation der Tiere zu geben (Großes Blutbild, Serumeiweißfraktionen; 16 Parameter). Schließlich Parameter, die eventuelle genotoxische (erbgutschädigende) Wirkung anzeigen können (Häufigkeit von Mikronuklei, Häufigkeit von Schwesterchromatidaustauschen und Zellteilungsgeschwindigkeit). Zusätzlich wurden serologische und parasitologische Untersuchungen durchgeführt.

Die bei den Probanden erhobenen Untersuchungsdaten wurden einer statistischen Analyse unterworfen. Dabei wurde ein Verfahren angewendet, das als Streuungserlegung bezeichnet wird.

Dieses Verfahren prüft, ob auffällige Abweichungen von erhobenen Messwerten mit vorgegebenen Einflussfaktoren zu tun haben können. Als mögliche Einflussfaktoren wurden das Alter der Tiere, ihre Rasse, ihre Zugehörigkeit in eine der Expositionsgruppen, sowie das Auftreten der verbreiteten Viruserkrankung BVD (Bovine Virusdiarrhoe) im einzelnen Betrieb berücksichtigt.

Liegen erhebliche, das heißt nicht rein zufällige, im statistischen Sinne signifikante Unterschiede zwischen den Messwerten zweier Gruppen (Expositionsgruppen, Erkrankungsgruppen, Rassegruppen etc.) vor, so bedeutet dies, dass ein Einfluss des entsprechenden Faktors nicht ausgeschlossen werden kann. Gemäß statistischer Konventionen wird ein Unterschied als signifikant angesehen, wenn seine Sicherheit 95% beträgt. Dies wird mit der Maßzahl p kleiner als 0,05 ($p < 0,05$) gekennzeichnet, ist $p > 0,05$ so wird der Unterschied als nicht signifikant bezeichnet.

2.2.2. Untersuchungsergebnisse mit weiteren Untergruppen

2.2.2.1 Charakterisierung der Untersuchungsbetriebe

Insgesamt lebten während der Studie etwa 1000 Milchkühe in den Betrieben. Die Bestandsgröße liegt im Mittel bei 26 ± 17 Milchkühen und schwankt zwischen 1 und 80 Tieren. Damit liegt die Bestandsgröße der Versuchsbetriebe nahe beim Mittelwert aller deutschen Milchviehbetriebe (28 Tiere) und leicht über den Mittelwerten der Kuhzahlen hessischer und bayerischer Betriebe, die in Deutschland die geringsten mittleren Bestandsgrößen (19 Tiere) aufweisen.

Die Anzahl der Rinder (weibliche Nachzucht) in den Betrieben liegt zwischen 1 und 110 Tieren, im Mittel 36 ± 27 Tiere. Die untersuchten Tiere gehören folgenden Rinderrassen an: Deutsche Schwarzbunte, Deutsche Rotbunte, Deutsches Fleckvieh, Braunvieh (Brown Swiss), Rotes Höhenvieh, Blonde d'Aquitaine, Jersey sowie Gebrauchskreuzungen der Rassen. Insgesamt finden sich 19 Betriebe mit Fleckvieh, 8 Betriebe mit Rotbunt, 3 Betriebe mit Braunvieh, 2 Betriebe mit Schwarzbunt und 6 Betriebe mit verschiedenen Rassen. Hierbei finden sich Betriebe mit Rotbunten und Schwarzbunten ausschließlich in Hessen, Braunvieh ausschließlich in Bayern. Fleckvieh ist sowohl in Hessen als auch in Bayern vertreten.

Im Bereich der Daten um das Reproduktionsgeschehen in den Betrieben offenbaren sich erhebliche Managementmängel. Viele Daten, die die Fruchtbarkeitssituation charakterisieren, konnten hier insbesondere in den Betrieben, die nicht an der Leistungsprüfung teilnehmen, nicht eruiert werden.

Das Erstbesamungsalter (EBA) liegt abhängig von der Rasse der Milchkühe und Gewohnheit der Landwirte zwischen 15 und 26 Monate, im Mittel bei $20 \pm 2,6$ Monaten. Stillbrünstigkeit ist ein Problem in 68% der Betriebe. Umrindern kommt in 60% der Betriebe mit unterschiedlicher Frequenz vor. Nur in 10% gibt es nach Angaben der Besitzer kein nennenswertes Umrindern. 30% machten keine auswertbaren Angaben. Die daraus resultierenden Besamungsindices, d.h. die Anzahl der zur Trächtigkeit führenden notwendigen Besamungen, liegen zwischen 1,2 und 3,3, im Mittel bei $1,6 \pm 0,6$

Besamungen pro Trächtigkeit. Hierbei liegen die Probandengruppen A, B und C mit Besamungsindices von 1,4, 1,3 und 1,6 leicht besser als die Kontrollgruppe D mit 1,7. Die Rastzeit (Zeit von der Kalbung bis zur Erstbesamung) liegt zwischen 42 und 120 Tagen, im Mittel bei 64 ± 17 Tagen, entsprechend finden sich Zwischentragezeiten (Zeit von der Kalbung bis zur folgenden Konzeption) von 70 bis mehr als 120 Tagen (Mittel 93 ± 13 Tage).

2.2.2.2 Bovine Virusdiarrhoe / Mucosal Disease (BVD/MD) als studienrelevante Infektionskrankheit

Von herausragender Bedeutung im Krankheitsgeschehen der Betriebe dieser Studie ist die Bovine Virusdiarrhoe - Mucosal Disease, (BVD/MD). Zur Untersuchung der BVD-Situation in den Betrieben wurden zunächst Blutseren von 150 Tieren auf Antikörper (AK) gegen BVD untersucht, zusätzlich erfolgte ein Antigennachweis bei erkrankten Tieren, missgebildeten Kälbern oder auch abortierten Feten, bei einigen Betrieben konnte auch auf diesbezügliche Untersuchungsergebnisse von staatlichen Untersuchungsstellen zurückgegriffen werden, die im Zeitrahmen der Studie erhoben wurden.

2.2.2.3 Missbildungen

Im Untersuchungszeitraum wurden in 15 von 38 Betrieben 49 missgebildete Kälber geboren.

Die erhobene Missbildungsfrequenz beträgt 3,3% und liegt damit über der Normalfrequenz von etwa 0,2 - 1,0% in der Milchviehzucht. Die Verteilung der Befunde weist auf Grund der hohen Rate von Augen- und Gliedmaßenanomalien auf eine Beteiligung von BVD-Virus im Krankheitsgeschehen hin.

Die epidemiologische Auswertung ergab, dass das Risiko der Geburt eines missgebildeten Kalbes in einem BVD-Betrieb 8fach höher ist als in einem Nicht-BVD-Betrieb. Im Vergleich zum Fleckvieh liegen die Risiken für die Geburt von missgebildeten Kälbern in den Rassen Rotbunt, Schwarzbunt und Braunvieh um das 6 – 3fache niedriger.

Diese Daten können auf verschiedene Weise ausgewertet werden; hierbei liegt die Bedeutung der Expositionsgruppe jeweils nahe der Signifikanzgrenze. Ein Einfluss der Befelderung kann daher zur Zeit noch nicht ganz ausgeschlossen, aber auch nicht definitiv gezeigt werden.

2.2.2.4 Klinisch-genetische Parameter

In der Studie wurden drei Klinisch-genetische Parameter, die als Standardparameter erbgutschädigende Effekte von Noxen aufzeigen können untersucht. Es sind dies Mikronuklei in Erythrozyten, Schwesterchromatidaustausche bei Metaphasenchromosomen und die Metaphasenkinetik der Blutlymphozyten.

Die statistische Analyse der Daten gibt keine Hinweise auf signifikante Unterschiede zwischen den Expositionsgruppen, Rassen, BVD-Betrieben und Nicht-BVD-Betrieben hinsichtlich der Mikronukleifrequenz.

Die am häufigsten zur Feststellung der Schädigung von Zellen und Erbmaterial eingesetzten Tests sind Untersuchungen von Schwesterchromatidaustauschen (SCE). Im Detail sind SCE Austausche von Schwesterchromatidsegmenten in einem Chromosom, die als Maß für stattgehabte Reparaturereignisse gezählt werden können. Je höher dieser Wert im Vergleich zu einer Kontrollgruppe liegt, desto eher liegt eine erbgutschädigende Wirkung vor.

Insgesamt wurden von 110 Tieren aus den Kulturen der mononukleären Blutzellen 1446 Metaphasen der Phase 2 analysiert. Diese wiesen im Mittel $7,70 \pm 2,77$ Schwesterchromatidaustausche auf. Die statistische Analyse ergab, daß die Einflußfaktoren Expositionsgruppe und BVD-Erkrankung signifikanten Einfluß auf die SCE-Frequenz haben ($p < 0,001$). Die Mittelwerte sind in Tabelle 3 angegeben.

Bei der Betrachtung der Expositionsgruppen unterscheiden sich jedoch nicht alle Gruppen signifikant.. Der Vergleich von Gruppe A und D befindet sich an der Grenze des Signifikanzniveaus ($p = 0,05$), das heißt, eine eindeutige Aussage ist auch hier nicht möglich. Gegen einen Einfluss der Hochfrequenzbelastung auf die SCE-Häufigkeiten spricht, dass in der Gruppe B eine erheblich geringere SCE-Frequenz vorliegt (siehe Tab. 3), obwohl diese Gruppe ebenfalls eine überdurchschnittliche GSM-Feldbeaufschlagung aufweist. So kann zwar ein Einfluss von GSM auf die SCE-Frequenz nicht völlig ausgeschlossen werden, maßgeblich ist jedoch die Viruserkrankung BVD für die beobachteten Unterschiede verantwortlich.

Klastogene Agentien haben oft auch einen Einfluss auf die Zellteilungsgeschwindigkeit, wobei zur Analyse der Metaphasenkinetik die differentielle Schwesterchromatidfärbung hervorragend geeignet ist.

Im Rahmen der Untersuchung der Metaphasenkinetik (MPK) in den angelegten Zellkulturen wurden Blutproben von 115 Tieren ausgewertet. Insgesamt wurden 11048 Metaphasen von sich teilenden Blutlymphozyten untersucht und nach ihrem Status in die Klassen M1, M2 und M3 (1., 2. und dritte Zellteilung) eingeteilt. Pro Tier wurden zwischen 46 und 154 Metaphasen ausgewertet.

In den Gruppen A und B gibt es bei annähernd gleichem Mittelwert und gleicher Standardabweichung eine Verschiebung der Anteile M2 und M3 zugunsten von M1, während in der Gruppe C eine Annäherung an die Kontrollgruppe D zu beobachten ist (siehe Tab. 3). Die Unterschiede sind statistisch absicherbar (A:D $p < 0,001$; B:D $p < 0,001$; C:D $p < 0,042$). Ebenfalls von Bedeutung sind die Einflüsse von BVD auf die Metaphasenkinetik ($p = 0,003$). Ähnlich wie bei den SCE-Frequenzen können die Gruppenunterschiede nicht eindeutig einer Hochfrequenzbeaufschlagung durch GSM

zugeordnet werden, da sich die Gruppe C ebenfalls signifikant von D unterscheidet, A und B jedoch nicht von C.

Bei der Untersuchung der genotoxischen Parameter ergibt sich insgesamt, dass es keine Anzeichen für klastogene Effekte auf die Mikronukleifrequenz in den Expositionsgruppen gibt. Auf der SCE-Ebene kann ein Einfluß der GSM-Befeldung nicht eindeutig gezeigt, aber auch zur Zeit nicht ganz ausgeschlossen werden. Anhand der Untersuchungen zur Metaphasenkinetik war zu ermitteln, dass die Blutlymphozyten von Tieren aus den Expositionsgruppen A, B und C ein geringeres proliferatives Potential aufweisen, als solche aus der Kontrollgruppe D. Auch hier ist eine klare Trennung von möglichem GSM-Einfluß und BVD-Effekt nicht möglich.

Tabelle 3: Übersicht über Mittelwerte von SCE (Schwesterchromatidaustausche) und MPK (Zellteilungsgeschwindigkeit) in verschiedenen Gruppen

Messgröße	Einflussfaktoren					
	BVD		Expositionsgruppe			
	-	+	A	B	C	D
SCE (abs.) Mittel	6,8	9,6	9,1	7,2	8,2	8,4
Standardfehler	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
N	79	35	35	26	10	35
MPK(%) Mittel	31,8	39,8	39,4	38,2	30,6	25,5
Standardfehler	1,3	2,8	2,2	2,7	2,6	1,1
N	78	27	33	28	11	33

2.2.2.5 Klinisch-Hämatologische Parameter

Die absolute Lymphozytenzahl im Blut bei Tieren aus den Expositionsgruppen ist geringer als bei Tieren aus der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede lassen sich statistisch jedoch nicht absichern, einzig ist hier das Alter der Probanden von statistisch absicherbarer Bedeutung ($p < 0,001$) für den Parameter. Ebenfalls sind die Gehalte an alpha-Globulinen im Blut bei den Tieren aus den Expositionsgruppen geringer als jene der Kontrolltiere. Rasseneinflüsse machen hier jedoch eine endgültige Bewertung unmöglich. In der statistischen Überprüfung ist der BVD-Einfluß auf Lymphozytenanteil und alpha-Globuline signifikant ($p = 0,041$, bzw. $0,035$)

Bei allen anderen Parametern konnten keine Auffälligkeiten beobachtet werden.

2.2.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen des Abschnittes 2.2

Die vorliegende Studie zeigt, dass der wesentliche Faktor für Missbildungen und auffällige Befunde bei anderen Parametern, vor allem im Bereich der Genotoxizität, in der Präsenz des BVD-Virus zu sehen ist. Bei einigen der erhobenen Messwerte lassen sich mögliche Einflüsse der GSM-Befelderung, die die spezifischen Auswirkungen der BVD begünstigen oder verstärken könnten, nicht ganz ausschließen. Zur weiteren Abklärung wird empfohlen, Folgestudien durchzuführen, die die Erarbeitung eines Datenmaterials ermöglichen, das den (im epidemiologischen Sinn) Störfaktor BVD ausschließt.

2.3 Verhalten und Labortests

2.3.1 Datenbasis und Untersuchungsziel

Von der Münchener Arbeitsgruppe wurde zunächst ein umfassendes tierhygienisches Untersuchungsprogramm durchgeführt, um soweit wie möglich stalltypische und haltungsspezifische Einflussfaktoren zu erfassen und gegebenenfalls gegenüber der eigentlichen Fragestellung des Projektes abgrenzen zu können. Dabei zeigte sich, dass die festgestellten Haltungsbedingungen insgesamt als mäßig bezeichnet werden müssen. Wichtig für die weiteren Aussagen erscheint die Feststellung, dass auf diesem relativ niedrigen Niveau die Gruppen A und D etwa gleichwertig waren, während die Betrieb der Gruppen B und C noch etwas schlechter abschnitten.

Das eigentliche Untersuchungsprogramm der Münchener Arbeitsgruppe bestand aus verhaltensphysiologischen Untersuchungen mit Erfassen des Normalverhaltens und möglicher Verhaltensanomalien, zusätzlichen Belastungsparametern in Form eines ACTH-Stimulationstestes mit Kortisol-Bestimmung, um mögliche stärkere Belastungen verifizieren zu können, sowie stichprobenartigen Ermittlungen der Melatoninrhythmiik wegen möglicher in der Literatur beschriebener entsprechender Reaktionen.

Zur Standardisierung der Versuchsbedingungen wurden alle Betriebe mit Anbindehaltung untersucht (n=30) und Betriebe mit Laufstallhaltung nicht berücksichtigt. Da 8 der 30 untersuchten Betriebe die Kühe von April/Mai bis Oktober/November tagsüber zwischen den Melkzeiten auf der Weide hielten, wurden die Untersuchungen bei diesen Betrieben auch auf den Weidebereich ausgedehnt. Das Verhalten der Kühe im Stall wurde mittels Videokamera ermittelt, wobei ein Verhaltensprofil über 24 Stunden erstellt werden konnte.

Nähere Informationen über die Betriebe, die darin gehaltenen Tiere und über das Management gehen aus dem Abschnitt 2.2.1 hervor.

2.3.2 Untersuchungsergebnisse

2.3.2.1 Verhalten

Das Verhalten ist ein sensibler Parameter zur Feststellung der Reaktionen von Tieren auf ihre Haltungsumwelt, und es lässt oft bereits vor dem Auftreten von organischen Veränderungen Anpassungsbemühungen des Organismus erkennen. Die Interpretation derartiger Reaktionen wird allerdings problematisch, wenn sie möglicherweise auf mehrere gravierende Einflussfaktoren zurückzuführen sind. Dazu gehören auch die im Abschnitt 2.2.1 angesprochenen Managementmängel, die zu auffälligen Verhaltensweisen – zunächst unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit – in mindestens 22 Betrieben führten. So gibt es eine Reihe von Hinweisen auf Unruhe und erhöhte Erregungszustände wie Fußscharren, Futterwerfen, von der üblichen Norm abweichende Kopfhaltungen, pferdeartiges Aufstehen, Futteraufnahme im Karpalstütz und anderes.

Die Tendenz eines Unterschiedes im Verhalten der Tiere der Gruppen A und D zeigte sich dagegen im nächtlichen Liegeverhalten. So lagen die Kühe der Gruppe A insbesondere bei mittellangen, d. h. 10 – 60 Minuten dauernden Liegephasen weniger als die Tiere der Vergleichsgruppe D. Dieser Befund lässt darauf schließen, dass die Kühe möglicherweise das Aufstehen und Niederlegen vermeiden möchten. Der Befund an der Grenze des Signifikanzniveaus sollte jedoch nicht überbewertet werden. Aus diesem Grund werden auch weitere nur tendenzielle Abweichungen des Verhaltens in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit in dieser Kurzfassung nicht erörtert.

Ein recht deutlicher Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen ergab sich hinsichtlich der Wiederkaudauer auf der Weide. Das Wiederkauen tritt in regelmäßigen Phasen während der Ruheperioden auf. Es handelt sich dabei um einen wichtigen verdauungsphysiologischen Vorgang, so dass Unterschiede in der Häufigkeit oder gar ein Ausbleiben als deutlicher Hinweis auf eine Störung zu werten sind. Auf biometrischen Rat wurden Tiere der Gruppen A und B sowie C und D zusammengefasst, da nur insgesamt 8 Betriebe eine Weidehaltung hatten. Wie die nachfolgenden Abbildungen über die Wiederkaufrequenz (Anzahl der Wiederkauphasen während des Weideaufenthaltes) und die Wiederkaudauer erkennen lassen, waren beide wichtigen physiologischen Vorgänge in den Gruppen A und B verglichen mit C und D hochsignifikant seltener und hochsignifikant kürzer. Eine Erklärung möglicher kausaler Zusammenhänge ist nicht möglich, aber dieser Befund über Wiederkaufrequenz und Wiederkaudauer ist neben einer Reihe von Tendenzen der einzige deutliche verhaltensphysiologische Aspekt.

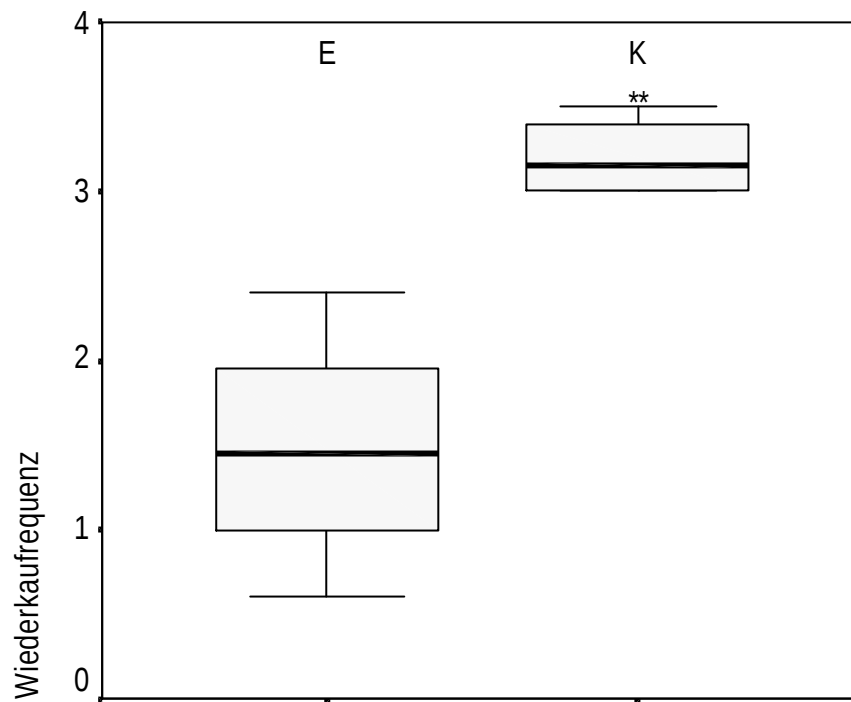


Abb. 2*: Wiederkaufrequenz [$6h^{-1}$] in den Gruppen E (n=4) und K (n=4) (** $p \leq 0,01$) während der Weidezeit

* Verteilung der Messwerte in den Gruppen mit Box-Plot-Darstellung: Der dicke Balken im schraffierten Bereich (Box) ist der Median, d. h. je 50% der Fälle haben höhere bzw. niedrigere Werte. Der obere bzw. untere Rand der Box halbiert die obere bzw. untere Hälfte der Stichprobe. Die dünnen waagerechten Striche zeigen die höchsten bzw. niedrigsten Werte.

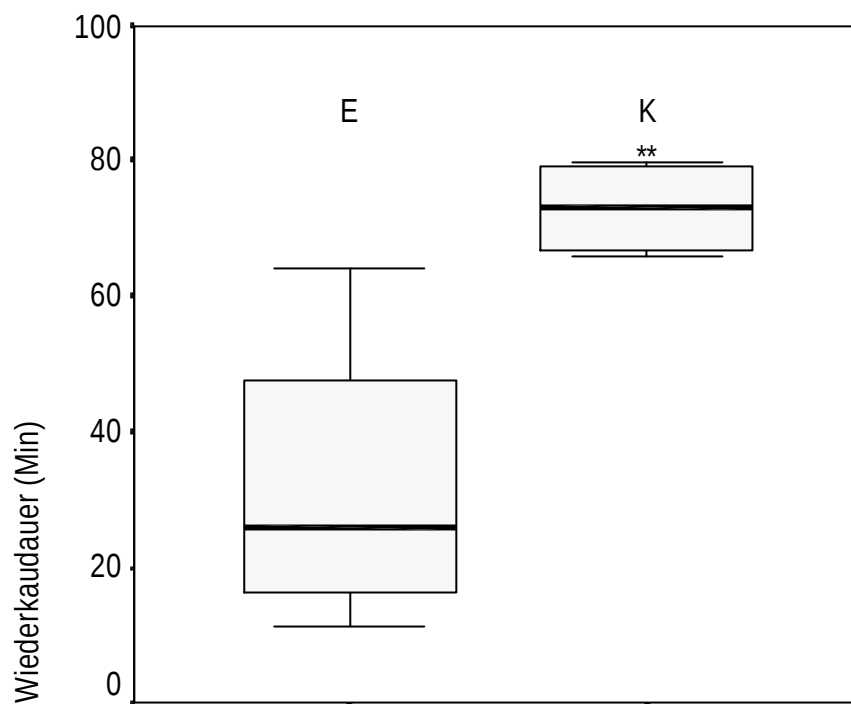


Abb. 3*: Wiederkaudauer in den Gruppen E(n=4) und K (n=4) (**p≤0,01) während der Weidezeit

2.3.2.2 ACTH-Stimulationstest

Mit Hilfe dieses Testes sollte geklärt werden, ob sich chronische Belastungen erfassen lassen, die den einzelnen Gruppen zugeordnet werden können. Es stellte sich heraus, dass es auch hier Anzeichen für chronische Belastungen gibt, ohne dass eine eindeutige Zuordnung möglich ist. Selbstverständlich besteht kein Zweifel, dass der mehrfach erwähnte allgemeine Zustand der Tiere in den nicht von den Arbeitsgruppen ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben zwangsläufig zu Belastungsreaktionen führen muß, die mögliche Gruppeneffekte deutlich überlagern.

2.3.2.3 Melatonin

Die Problematik von Feldversuchen in Verbindung mit prinzipiell exakten Untersuchungsverfahren zeigt sich auch bei der Überprüfung der Hypothese, dass elektromagnetische Felder zu einer Suppression des zirkulierenden Melatonins bei Nacht führen. Das Melatonin wurde in den 30 Betrieben bei jeweils 5 Tieren, die nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurden, in Speichelproben bestimmt. Dabei wurde die erste Probe um 12⁰⁰ Uhr Mittags entnommen, die weitere Entnahmen erfolgte um 18⁰⁰, 20⁰⁰ und 22⁰⁰ Uhr mit einer letzten Probe am dritten Tag um 6⁰⁰ Uhr. Zur Zeit der Speichelprobenentnahme wurde auch eine Lichtmessung mittels eines Luxmeters durchgeführt. Die nächtlichen Proben wurden nur mit Hilfe einer Taschenlampe entnommen, um Fehler in der Bestimmung der Melatoninrhythmik durch nächtliches Einschalten der Beleuchtung zu vermeiden.

Die gemessenen Melatoninkonzentrationen zeigen, entsprechend anderer Untersuchungsergebnisse, eine ausgeprägte Streuung zwischen den einzelnen Individuen mit einer

guten individuellen Reproduzierbarkeit. Diese hohe Streuung kann zum einen durch die pulsatile Freisetzung von Melatonin bedingt sein. Daneben unterliegt die physiologische Melatoninrhythmik aber dem Umweltfaktor Licht sowie auch sozialen Faktoren wie der Nahrungsaufnahme, dem Alter, evtl. der Rasse, der individuellen Stresstoleranz und der Stoffwechsellage.

Insbesondere Licht hat einen entscheidenden Einfluss auf die Melatoninrhythmik. Dabei ist die individuelle Beleuchtung am Standplatz im Stall sowie die Licht- und Wetterverhältnisse (Jahreszeit und Bewölkung) entscheidend. So kann bei genügend hoher nächtlicher Lichtstärke die Melatoninproduktion vollständig unterdrückt werden. Dies konnte in den eigenen Untersuchungen ausgeschlossen werden, da nur bei einer Lichtstärke von maximal 8 Lux die nächtlichen Proben genommen wurden. Zum Messzeitpunkt bei den stallhygienischen Untersuchungen kann eine durchschnittliche Tageslichtmenge von 182 Lux (Min.: 3 Lux; Max.: 800 Lux) bestimmt werden. Zum Zeitpunkt der Probenahmen wurde ebenfalls die Lichtintensität gemessen. Hohe Abweichungen zwischen den Gruppen zeigen, welchen unterschiedlichsten Lichteinflüssen die Einzeltiere zu den jeweiligen Probenahmen ausgesetzt waren. Diese nicht standardisierbaren Lichteinflüsse könnten einen möglichen Effekt der elektromagnetischer Felder durchaus überschreiben. Statistisch konnte keine negative Korrelation zwischen den entsprechenden Lichtintensitäten zum Zeitpunkt der Probenahme und den einzelnen Melatoninkonzentrationen errechnet werden. Inwieweit individuelle Sensitivitäten bezüglich des Lichteinflusses eine Rolle spielen, bleibt ungeklärt.

Der Einfluss der Fütterung wird an den 18:00 Uhr-Werten deutlich. Bei der Auswertung der Proben ergaben sich Einzelwerte von bis zu 2600 pg Melatonin/ml Speichel. Diese Werte kamen auch bei wiederholter Verdünnung und Nachmessungen nicht in den Messbereich des verwendeten Radio-Immuno-Assays (1-320 pg/ml) und liegen weit über dem durchschnittlichen Melatoninniveau des Rindes. Hier führen Futterreste im Maul der Tiere zu einer Verunreinigung des Speichels und damit vermutlich zu Kreuzreaktionen im Assay.

Entgegen der Angaben in der Literatur sind die nächtlichen Melatoninmittelwerte der exponierten Gruppe (GSM-Belastung > Ensembledittelwert; n Tiere=150) *höher* als die der Kontrollgruppe (n Tiere=150). Im Gruppenvergleich der Summenbelastung fallen einzig die 20:00 Uhr-Werte der Gruppe A signifikant ($p < 0,05$) höher als die der übrigen Gruppen aus. Auch dies bestätigt nicht die in der Literatur vorherrschende Hypothese der Suppression des nächtlichen zirkulierenden Melatonins durch elektromagnetische Felder.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Messung der Melatoninkonzentration kein geeigneter

Parameter im Rahmen eines Feldversuches zur Überprüfung des Einflusses elektromagnetischer Felder ist. Insbesondere die extrem unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen in den verschiedenen Ställen, die naturgemäß nicht standardisierbar waren, sowie der nicht zu vermeidende Fütterungseinfluss bewirken die doch sehr hohen Streuungen der Werte zwischen den Individuen.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse nicht für einen Einfluß elektromagnetischer Felder im Sinne einer Suppression der nächtlichen Melatoninwerte. Die signifikant hohen 20⁰⁰ Uhr Melatoninwerte in Gruppe A sind als solche nicht erklärbar, haben aber unter tiermedizinischen Gesichtspunkten keine bekannten negativen gesundheitlichen Konsequenzen für die Tiere. Es wird empfohlen in weitergehenden Untersuchungen die Umgebungsbedingungen, insbesondere die Lichtqualitäten und Lichtintensitäten zu standardisieren, um einen möglichen Effekt elektromagnetischer Felder auf die Melatoninkonzentration von Rindern zu erkennen.

2.3.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen des Abschnittes 2.3

Das als Feldversuch angelegte Konzept hat sich als nicht sehr günstig für exakte verhaltensphysiologische Untersuchungen erwiesen. Dazu tragen vor allem die Einflüsse des Managements und der darauf zurückzuführende allgemeine Zustand der Tiere bei. Zu den Ergebnissen, die als Einflüsse elektromagnetischer Felder mit entsprechender Vorsicht gewertet werden können, gehören die hochsignifikanten Unterschiede in Wiederkaudauer und Wiederkaufrequenz auf der Weide zwischen den Gruppen A und B (=E) einerseits sowie C und D (=K) andererseits. Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht hinsichtlich der Melatoninkonzentration um 20⁰⁰ Uhr zwischen der Gruppe A und den übrigen Gruppen. Hinweise auf eine Melatoninsuppression liegen damit nicht vor.

Schlussfolgerung

Insgesamt zeigen die vorgelegten Ergebnisse, dass Feldversuche in landwirtschaftlichen Betrieben, die man sicherlich auch sorgfältiger hätte aussuchen können, kein geeignetes Mittel sind, um den Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf die Gesundheit von Rindern mit ausreichender Sicherheit zu belegen oder zu widerlegen. Einige der beobachteten Reaktionen sollten jedoch nicht zu dem voreiligen Schluss verleiten, schädigende Wirkungen seien völlig ausgeschlossen. Es ist deshalb zu empfehlen, diesen Phänomenen eine weitere wissenschaftliche und politische Beachtung zu schenken.