



De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen

Literatuuronderzoek

Rapport 1482

Brigitte de Bruijn, Monique Bestman, Ana Strappini, Ingrid van Dixhoorn

De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen

Literatuuronderzoek

Brigitte de Bruijn¹, Monique Bestman², Ana Strappini¹, Ingrid van Dixhoorn¹

1 Wageningen Livestock Research

2 Louis Bolk Instituut

Dit rapport is opgesteld door Wageningen Livestock Research en Louis Bolk Instituut. Het is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van VIPNL-project 'Dynamisch Draadloos Weiden' (1400012904).

Wageningen Livestock Research

Wageningen, mei 2024

Rapport 1482

De Bruijn, B.G.C, M.W.P. Bestman, A.C. Strappini, I.D.E. van Dixhoorn, 2024. De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen; *Literatuuronderzoek*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1482.

Samenvatting NL Het doel van deze literatuurstudie was om te verkennen wat de effecten zijn van draadloze afrastering op het welzijn en gedrag van runderen. Uit internationaal onderzoek blijkt dat draadloze afrastering in vergelijking met schrikdraad, geen negatieve, maar ook geen positieve invloed heeft op gedrag en stressparameters van jongvee, vleesrunderen en melkkoeien. Zo waren er nauwelijks verschillen in rust- en eetgedrag patronen, hartslag en cortisol in mest en melk van de dieren wanneer ze werden gehouden binnen draadloze afrastering of gewoon schrikdraad. De grote meerderheid van de dieren blijkt binnen één of enkele dagen met de draadloze afrastering om te kunnen gaan en ontvangt na enkele dagen nauwelijks nog elektrische schokken.

Summary UK The aim of this literature study was to investigate the effects of virtual fencing on welfare and behaviour of cattle. International research shows that virtual fencing has no negative nor positive effects on behavior and stress parameters in young stock, beef and dairy cattle in comparison with electric fencing. No to little differences were found in resting and eating behaviors, heart rate and cortisol levels in milk and manure of animals that grazed within virtual fencing or electric fencing. The majority of animals learned to deal with the virtual fence within one or a few days, and after a few days hardly any electric shocks were received.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/657497> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2024

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1482

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Onderzoeksvragen	9
1.2 Doel van het rapport	11
1.3 Quick scan	11
1.4 Leeswijzer	11
2 Hoe werkt draadloos afrasteren?	12
2.1 Draadloze afrastering	12
2.1.1 Training	12
2.1.2 Interacties tussen het dier en de draadloze afrastering	13
2.1.3 Wat kan de veehouder wel en niet met het systeem	13
2.2 Begeleidingsfunctie	13
2.2.1 Training van de begeleidingsfunctie	14
2.2.2 Interacties tussen het dier en de begeleidingsfunctie	14
2.2.3 Wat kan de veehouder (niet) met de begeleidingsfunctie	14
2.3 Beschikbare systemen	15
3 Dierenwelzijn in relatie tot draadloze afrastering	16
3.1 Definities dierenwelzijn	16
3.2 Ongerief door elektrische schok	16
3.3 Voorspelbaarheid en beheersbaarheid als randvoorwaarden voor dierenwelzijn	17
3.4 Dierenwelzijn meten	17
3.4.1 Afbakening	18
4 Draadloze afrastering en dierenwelzijn	19
4.1 Gemak waarmee dieren met draadloze afrastering leren omgaan	19
4.1.1 Verschillen tussen individuen	19
4.1.2 Training als individu of als groep	19
4.1.3 Opschuivende grens	20
4.2 Draadloze afrastering en diergedrag	20
4.3 Draadloze afrastering en fysiologische indicatoren	20
4.4 Draadloze begeleiding	21
4.5 Overige aspecten m.b.t. dierenwelzijn	21
5 Vergelijking van draadloze afrastering voor runderen met stroomhalsbanden voor honden	22
5.1 Overeenkomst en verschillen tussen draadloze afrastering en elektrische hondenhalsbanden	22
5.1.1 Draadloze afrastering voor runderen versus de anti-blafhalsband	22
5.1.2 Draadloze afrastering voor runderen versus de trainingshalsband voor honden	23
5.1.3 Draadloze afrastering voor runderen versus onzichtbare afrastering voor honden	23
6 Conclusies	24
7 Verantwoording	25
Literatuur	26



Woord vooraf

Draadloze, virtuele afrastering is een alternatief en aanvulling op (schrik)draad voor weidend rundvee. De koe wordt uitgerust met een halsband met een GPS-functie, die geluids- en elektrische signalen afgeeft wanneer een dier buiten een door de veehouder aangegeven gebied dreigt te treden. Dit systeem biedt mogelijkheden voor maatwerk in het beweiden van vee in weides en natuurgebieden, waarbij alleen helemaal rondom nog fysieke afrastering nodig is. Draadloze afrastering draagt via plaatsbepaling en veranderingen daarin (of juist niet) bij aan een betere monitoring van dieren en zorgt voor een flexibel weide management doordat de afrastering gemakkelijk (digitaal) verplaatst kan worden. Wereldwijd zijn verschillende systemen beschikbaar, maar voor de Nederlandse situatie is het nog nieuw. Hoewel er in het buitenland al veel onderzoek gedaan is naar effecten op dierenwelzijn en voordelen voor de veehouder, zijn er specifiek voor de Nederlandse veehouderij nog vragen op het gebied van toepassingsmogelijkheden, bijvoorbeeld bij het werken aan stikstofefficiëntie- en biodiversiteitsdoelen. Hiertoe is VIPNL project 'Dynamisch Draadloos Weiden' gestart waarin deze zaken onderzocht worden. Dierenwelzijn is hierbij een randvoorwaarde. Ter voorbereiding op de *experimenten* en op verzoek van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit hebben Wageningen Livestock Research en het Louis Bolk Instituut een beknopt literatuuronderzoek gedaan naar de effecten van draadloos afrasteren en begeleiden op het gedrag en welzijn van runderen. Deze publicatie is de rapportage daarvan.



Samenvatting

Het doel van deze literatuurstudie was om te verkennen wat de effecten zijn van draadloze afrastering, ook wel virtual fencing genoemd, op het welzijn en gedrag van runderen. Bij draadloze afrastering krijgen runderen een halsband om die via GPS communiceert met een app op de telefoon of tablet van de veehouder. De veehouder kan in de app aangeven in welke deelgebieden binnen het totale gebied, dat op de gebruikelijke fysieke wijze afgerasterd wordt, de dieren mogen bewegen. De dieren worden getraind om via geluidsignalen deze draadloze afrastering te herkennen en erbinnen te blijven. Als dieren de geluidsignalen negeren, volgt, net als bij gewoon schrikdraad, een elektrische schok. Bij ontsnapping wordt het systeem uitgeschakeld. Daarom dienen de buitengrenzen te bestaan uit een fysieke afrastering. Een wezenlijk onderdeel van het gebruik van draadloze afrastering is dat de afrastering gemakkelijk verplaatst kan worden. Door sensoren in de halsband kan de veehouder de locatie en soms ook gedrag van de dieren individueel monitoren.

Voor de definitie van dierenwelzijn wordt uitgegaan van dezelfde als die in het kader van dierwaardige veehouderij wordt gebruikt. Een dier ervaart een positieve staat van welzijn indien het de vrijheid heeft om normale, soorteigen gedragspatronen uit te voeren en mentaal en fysiek in staat is en het vermogen en de gelegenheid heeft om adequaat te reageren op incidentele of langdurige plezierige en onplezierige interne en externe prikkels, gebeurtenissen en omstandigheden (RDA, 2021; Arndt et al., 2022).

In theorie kan het effect van draadloze afrastering op dierenwelzijn worden uitgelegd aan de hand van:

- ongerief ten tijde van en gedurende een langere periode als gevolg van de schok(ken) en,
- of dieren de vermogens en mogelijkheden hebben om adequaat met het systeem om te gaan: leervermogen, voorspelbaarheid, beheersbaarheid.

Of en hoe draadloze afrastering invloed heeft op dierenwelzijn, is in de literatuur beschreven aan de hand van de volgende indicatoren voor dierenwelzijn:

- gedrag ten tijde en als gevolg van de schok(ken)
- gedrag van dieren met een draadloos systeem vergeleken met gedrag van dieren met schrikdraad
- gedrag van dieren voor en na introductie van een draadloze afrastering
- fysiologische parameters voor stress zoals hartslag en cortisol in melk en mest

Uit internationaal onderzoek blijkt dat draadloze afrastering in vergelijking met schrikdraad, geen negatieve, maar ook geen positieve invloed heeft op gedrag en stressparameters van jongvee, vleesrunderen en melkkoeien. Zo waren er nauwelijks verschillen in rust- en eetgedragspatronen, hartslag en cortisol in mest en melk van de dieren wanneer ze werden gehouden binnen draadloze afrastering of gewoon schrikdraad. De grote meerderheid van de dieren blijkt binnen één of enkele dagen met de draadloze afrastering om te kunnen gaan en ontvangt na enkele dagen nauwelijks nog elektrische schokken. Een klein deel van de dieren heeft echter meer moeite om te leren omgaan met draadloze afrastering of neemt eventuele schokken voor lief, gebaseerd op het aantal signalen dat wordt afgegeven aan de dieren via de halsband. Meer onderzoek is nodig om te achterhalen wat dit laatste betekent voor het dierenwelzijn en of maatwerk nodig is om het welzijn van deze dieren te verbeteren. Het merendeel van de beschikbare onderzoeken heeft betrekking op een periode van enkele dagen of weken. De vraag resteert wat de effecten zijn op dierenwelzijn bij gebruik van draadloze afrastering over een langere termijn, dus maanden of jaren.



1 Inleiding

Draadloze afrastering, ook wel virtual fencing genoemd, is een alternatief en aanvulling op (schrik)draad (o.a. vanwege de gps-functie) voor het beweiden van vee in natuurgebieden en op (melk)veebedrijven. In landen als Australië en Nieuw-Zeeland wordt draadloze afrastering al langer gebruikt en sinds enkele jaren is het beschikbaar in een aantal Europese landen. Beheerders van grazers in natuurterreinen zien voordelen in het real-time kunnen monitoren van de locatie van individuele dieren, waardoor bijzonderheden eerder opgemerkt kunnen worden, en toegang tot bepaalde delen van het terrein gemakkelijk kunnen worden aangepast (McCormick and Stokes, 2023). (Melk)Veehouders zien ook voordelen om binnen een fysiek begrensd gebied regelmatig verse stukken gras te kunnen aanbieden of bijzondere zones uit te sluiten, zonder de arbeid van het verplaatsen van een (schrik)draad. In Nederland en Vlaanderen wordt de techniek vooral in de natuurbegrazing ingezet, maar de verwachting is dat ook onder rundveehouders met zowel intensieve als extensieve beweiding de interesse gaat toenemen. De belangrijkste reden voor veehouders en beheerders van natuurterreinen om, in aanvulling op een fysieke begrenzing, voor draadloze afrastering te kiezen, is arbeidsbesparing in combinatie met een flexibeler beweidingssysteem en het beter kunnen monitoren van de dieren tijdens de weidegang (Lomax et al., 2019; Langworthy et al., 2021; Verdon et al., 2021). Kader 1 bevat een beschrijving van de ontwikkelingen in weidegang en natuurbegrazing.

Het gebruik van draadloze afrastering in de Nederlandse rundveehouderij brengt vragen met mee zich op het gebied van onder meer dierenwelzijn, stikstofefficiëntie en biodiversiteit. Als onderdeel van het onderzoeksproject "Draadloos Dynamisch Weiden" is een internationale literatuurstudie uitgevoerd naar effecten van draadloze afrastering op het gedrag en welzijn van runderen, en de resultaten zijn gerapporteerd in deze rapportage. Deze rapportage is gebaseerd op een 20-tal wetenschappelijke studies, uitgevoerd in onder meer Australië, Denemarken, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. De onderzoeken zijn gedaan bij vleesvee, melkkoeien of jongvee die gehouden werden in extensieve (natuur- en landschapsbeheer) of in meer intensieve omstandigheden (veehouderij).

Kader 2 bevat een beknopte beschrijving van het draadloos afrasteren en verplaatsen van runderen. Onderdeel van de techniek is het gebruik van geluidssignalen en elektrische schokken. Elektrische schokken worden ook toegepast bij schrikdraad. Bij draadloze afrastering is de afrastering voor het dier niet zichtbaar, maar door middel van geluidssignalen snapt het dier waar de afrastering zich bevindt. Bij overschrijding van de draadloze afrastering krijgt het dier een elektrische schok. Het gebruik van elektrische schokken om dieren iets duidelijk te maken, roept de vraag op wat het effect is op dierenwelzijn? Een aantal toepassingen met elektrische schokken is verboden in Nederland vanwege de negatieve impact op dierenwelzijn, zoals stroomhalsbanden bij honden (Rijksoverheid, 2021), of worden naar verwachting op korte termijn verboden, zoals vang- en drijfmiddelen die elektrische schokken kunnen toedienen bij vee (Rijksoverheid, 2023). In dit rapport wordt ook ingegaan op de vergelijking van draadloze afrastering bij runderen met stroomhalsbanden bij honden.

1.1 Onderzoeksvragen

In dit rapport worden de volgende onderzoeksvragen behandeld:

1. Wat zijn de effecten van draadloze afrastering op het welzijn van runderen?
2. Wat zijn eventuele overeenkomsten en verschillen met de in Nederland verboden stroomhalsbanden voor honden?

Kader 1. Ontwikkelingen in weidegang en natuurbegrazing

Beweiding draagt bij aan het verbeteren van dierenwelzijn, aan het verminderen van (o.a. ammoniak)emissies naar het milieu, aan het omgaan met de gevolgen van klimaatverandering en aan een gewaardeerd landschap. Daarom is en blijft beweiding naar verwachting ook in de toekomst een wezenlijk onderdeel van de veehouderij. Voorzienne ontwikkelingen in weidegang en natuurbegrazing zijn onder andere:

1. In het veenweidegebied, met uitdagingen op het gebied van broeikasgasemissies en bodemdaling, wordt het grondwaterpeil naar verwachting verhoogd. Hierdoor wordt de draagkracht en anderszins geschiktheid van grasland voor koeien variabel in ruimte en tijd.
2. Het combineren van weidegang met diverse maatregelen voor biodiversiteit vereist het tijdelijk afzetten van bijvoorbeeld slootkanten of weidevogelleefgebied.
3. Steeds meer melkveehouders combineren hun melkveetak met andere inkomstenbronnen, waardoor de interesse in hulpmiddelen voor het besparen van arbeid toeneemt.
4. Maatwerk in natuurbegrazing via tijdelijke toegang of tijdelijk uitsluiten van grazers van specifieke vegetatie of andere elementen, vergt arbeid.
5. Het realtime kunnen monitoren van de locatie van grazers in natuurterreinen is een manier om calamiteiten in een vroeg stadium te herkennen en draagt op die manier bij aan het garanderen van dierenwelzijn.

Samen kunnen deze ontwikkelingen leiden tot een grotere interesse in technische hulpmiddelen die het weiden van koeien of anderszins runderen makkelijker maken.

Kader 2. Draadloos afrasteren, verplaatsen, begeleiden & monitoren van runderen

Zie Hoofdstuk 2 voor details en referenties.

Bij draadloze **afrastering** krijgen runderen een halsband die via GPS communiceert met een app op de telefoon of tablet van de veehouder. Deze app bevat een kaart met de weidepercelen. De buitenste rand van de percelen bestaat doorgaans uit een fysieke grens in de vorm van een sloot, schrik- of prikkeldraad. De veehouder kan in de app aangeven in welke deelgebieden binnen het totale gebied de dieren mogen bewegen. Bijvoorbeeld om de dieren om te weiden of (tijdelijk) weg te houden van specifieke plaatsen, bijvoorbeeld weidevogelnesten. Rond deze deelgebieden creëert de veehouder een draadloze afrastering. De dieren worden getraind om via geluidssignalen en elektrische schokken deze draadloze afrastering te herkennen en erbinnen te blijven. Dieren kunnen elektrische schokken vermijden door adequaat te reageren op de geluidssignalen en binnen de grenzen te blijven. Een wezenlijk onderdeel van de training en van het gebruik is dat draadloze afrastering **verplaatst** kan worden.

Behalve de afrasteringfunctie, kan bij sommige systemen de app ook gebruikt worden om dieren te **begeleiden** naar de stal om te melken of naar een nieuw stuk gras, vaak waar enige vorm van beloning aanwezig is (brok of vers gras). De dieren worden getraind om te begrijpen dat ze na een vibratiesignaal in beweging moeten komen. Middels vervolgvibraties, geluidssignalen en eventueel uiteindelijk elektrische schokken worden ze naar het gewenste gebied begeleid. Ze kunnen bewegen naar het nieuwe stuk gras wanneer ze er aan toe zijn, maar ze kunnen daarna niet meer terug het oude stuk in. Begeleiding van de dieren naar de melkstal gaat doorgaans binnen een bepaald tijdslot, waarna bij negeren van de vibratie- en geluidssignalen een elektrische schok wordt gegeven. Dieren kunnen elektrische schokken vermijden door te bewegen in de gewenste richting, waarbij korte pauzes overigens zijn 'toegestaan'.

Door sensoren in de halsband kan de veehouder de locatie en enkele andere kenmerken van zijn/haar dieren **individueel monitoren**, real-time en over de afgelopen periode.

Meer informatie staat in hoofdstuk 2 en <https://vip-nl.nl/portfolio-item/dynamisch-draadloos-weiden/>

1.2 Doel van het rapport

Het doel van dit rapport is om door middel van een literatuurstudie de effecten van draadloos afrasteren op het welzijn van runderen beknopt in kaart te brengen. Het doel is niet om voor- en nadelen van systemen van draadloze afrastering af te wegen tegen effecten op dierenwelzijn.

1.3 Quick scan

Vanwege de overeenkomstige bevindingen in de recente literatuur, is gekozen voor een quick scan op hoofdlijnen en niet voor een systematisch onderzoek van alle beschikbare literatuur.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport begint met uitleg van de werking van systemen voor draadloos afrasteren (H 2). Daarna volgt een beschrijving (H 3) van wat verstaan wordt onder dierenwelzijn en welke aspecten daarbij van belang kunnen zijn als het gaat over draadloze afrastering. Ook wordt aangegeven hoe op een wetenschappelijk verantwoorde manier effecten op dierenwelzijn gemeten zouden kunnen worden. Daarna volgt een beschrijving (H 4) van bevindingen uit wetenschappelijk onderzoek naar systemen voor draadloze afrastering waarin ook metingen gedaan zijn aan het welzijn van dieren. Ook wordt een vergelijking gemaakt (H 5) van draadloze afrastering voor runderen met stroomhalsbanden voor honden. Tenslotte volgen de conclusies (H 6).

2 Hoe werkt draadloos afrasteren?

De informatie in dit hoofdstuk is grotendeels gebaseerd op beschrijvingen van de gebruikte systemen en de daarmee behaalde resultaten in wetenschappelijke artikelen. Een deel van informatie is afkomstig van leveranciers van technologie voor draadloze afrastering.

2.1 Draadloze afrastering

Bij draadloze afrastering krijgen runderen een halsband om die via GPS communiceert met een app op de telefoon of tablet van de veehouder. Deze app bevat een kaart met de weidepercelen. De buitenste rand van de percelen bestaat doorgaans uit een fysieke grens in de vorm van een sloot, schrik- of prikkeldraad. De veehouder kan in de app aangeven in welke deelgebieden binnen het totale gebied de dieren mogen bewegen. Bijvoorbeeld om de dieren om te weiden of weg te houden van (tijdelijke) risicoplaatsen. Rond deze deelgebieden creëert de veehouder een draadloze afrastering. De dieren worden getraind om via geluidssignalen en elektrische schokken deze draadloze afrastering te herkennen en erbinnen te blijven, ook als de afrastering verplaatst wordt. Dieren kunnen elektrische schokken vermijden door binnen de grenzen te blijven. De accu laadt op via een zonnepaneel aan de bovenkant van de halsband. Over de specificaties van de schokken in termen van duur, intensiteit en frequentie is nauwelijks openbaar toegankelijke informatie voorhanden. Nofence (2024a) omschrijft de schok als 'mild, but effective electric pulse'. Halter (2024a) omschrijft de schok als 'a low-energy electric pulse' en 'It's called a 'pulse' because it is significantly weaker in energy than the 'shock' from a standard electric fence.' Collie (2024a) schrijft 'Schrikdraad geeft een zwaardere schok dan een halsband' en noemt respectievelijk 5-15 joules en 0.2 joules per prikkel. De impact van een elektrische schok van een draadloze afrasteringssysteem op een koe is moeilijk te vergelijken met een elektrische schok van schrikdraad door zijn verschillende aard: een elektrische schok van draadloze afrastering wordt gericht afgegeven op de hals van het dier via de halsband, en is dan ook met name op de hals voelbaar. Bij schrikdraad wordt een elektrische schok afgegeven aan het deel van het lichaam dat met de draad in aanraking komt. Deze draad staat in verbinding met de aarde, waardoor de elektrische schok ook meer voelbaar is door het hele lichaam.

2.1.1 Training

Bij trainen doorlopen de dieren een programma van één tot twee weken. De training wordt gegeven onder begeleiding van het bedrijf dat het draadloze afrasteringssysteem verstrekt (Collie, 2024b; Halter, 2024b; Nofence, 2024b). Ervan uitgaande dat de dieren al bekend zijn met gewoon schrikdraad, verloopt de opbouw van de training globaal als volgt: Op de eerste trainingsdag wordt een meter voor een gewoon schrikdraad, een draadloze afrastering ingesteld. Als de dieren het schrikdraad en dus ook de draadloze afrastering naderen, worden ze daarop geattendeerd door een in volume en frequentie toenemend geluidssignaal (82 dB bij NoFence op één meter afstand (Hamidi et al., 2022)). Als de dieren de virtuele afrastering overschrijden, krijgen ze een elektrische schok. Zo leren de dieren afstand te houden tot de zichtbare én tot de draadloze afrastering. In de 2^e fase, na enkele dagen, wordt de zichtbare draad in zijn geheel (training bij het Collie systeem) of gedeeltelijk (training in sommige onderzoeken met het NoFence systeem) verwijderd. Van gedeeltelijke verwijdering is sprake als de draad wel weg is, maar de paaltjes er nog staan. In de 3^e fase, na bijv. een week, wordt de draadloze afrastering verplaatst. De dieren merken dit op doordat ze geen geluidssignaal meer horen op een plek waar ze dat eerst nog wel hoorden. Ze kunnen bewegen naar het nieuwe stuk wanneer ze er aan toe zijn. Het systeem kan zo ingesteld worden dat ze daarna niet meer terug kunnen in het oude stuk. Dat draadloze afrastering verplaatst wordt, is een wezenlijk onderdeel van de training. In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de individuele variatie tussen koeien in relatie tot draadloze afrastering. Wanneer nieuwe dieren (bijv. verse 1^e kalfskoeien) geïntroduceerd worden in een kudde die reeds gehouden wordt met draadloze afrastering, doorlopen deze geen trainingsprogramma zoals hierboven beschreven, maar leren ze het systeem van hun kuddegenoten (Collie, 2024c).

In de app kan de veehouder per dier het aantal geluidssignalen en elektrische schokken, en de verhouding daartussen aflezen, en dus ook hoe snel de dieren leren. Sommige systemen (waaronder NoFence) kennen een trainingsmodus, waarbij het geluidssignaal al stopt als het dier zijn hoofd wegdraait van de draadloze afrastering in plaats van dat het moet weg lopen. De trainingsmodus gaat na 20 correcte reacties over in de standaard modus waarbij het geluidssignaal pas stopt wanneer het dier wegloopt van de virtuele afrastering (Hamidi et al., 2022). Als een individu het systeem niet aangeleerd krijgt, bijvoorbeeld omdat het doof is, dan is het advies om dit dier uit de kudde te halen (Halter, 2024b).

2.1.2 Interacties tussen het dier en de draadloze afrastering

De volgende interacties tussen dier en draadloze afrastering zijn mogelijk:

- Het dier staat niet dichtbij de grens, dus ontvangt geen signalen.
- Het dier komt op de grens en krijgt geluidssignalen.
- Het dier negeert de geluidssignalen en blijft waar het is of beweegt richting de grens. Het geluid wordt dan steeds harder en, afhankelijk van de tijd dat een dier zich op/over de grens bevindt en hoe snel het zich beweegt, ontvangt het na 5-15 seconden een elektrische schok.
- Het dier verwijderd zich de juiste kant op, van de afrastering af. Het geluid neemt dan af in volume en stopt.
- Het dier passeert de afrastering voor langere tijdperiode (5-15 seconden afhankelijk van de afstand). Wanneer het dier na maximaal drie elektrische schokken, elk voorafgegaan door een geluidssignaal, niet terugkeert binnen de grenzen, wordt het dier beschouwd als ontsnapt. Er gaat dan een melding naar de beheerder en de halsband geeft geen geluidssignalen of elektrische schokken meer, maar de locatie van het dier blijft wel zichtbaar. Het systeem wordt pas weer ingeschakeld wanneer het dier weer binnen de draadloze afrastering is.

2.1.3 Wat kan de veehouder wel en niet met het systeem

Draadloze afrastering, bestaande uit hardware en software, wordt aangeboden als een dienst. Veehouders nemen deze dienst af voor een periode van enkele maanden of één of meer jaren. Ze betalen een eenmalig bedrag voor de aanschaf van de halsbanden en een jaarlijks bedrag voor de bijbehorende diensten. Ze zijn geen eigenaar en hebben slechts beperkt invloed op de werking van het systeem.

Wat kan de veehouder wel:

- De veehouder tekent zijn percelen en buitenste grens af in de app.
- De veehouder bepaalt de locatie van de draadloze afrastering.
- De veehouder kan per dier in de app zien hoe vaak deze welk type signaal ontvangen heeft.
- De veehouder kan real-time zien waar de verschillende individuen zich bevinden. Sommige systemen leggen ook gedrag vast, zoals grazen, rusten en lopen (op basis van accelerometer data). Daarmee kan de veehouder op afstand zien of en welk dier afwijkt in termen van positie ten opzichte van de kudde (afgezonderd, in de sloot) of in gedrag (minder bewegen).

Wat kan de veehouder niet:

- De veehouder kan niet handmatig geluidssignalen en elektrische schokken afgeven aan de dieren.
- De veehouder kan niet zelf de sterkte, duur of andere kenmerken van de verschillende signalen instellen.

2.2 Begeleidingsfunctie

Het begeleiden van dieren naar de melkstal of een nieuw stuk gras via systemen voor draadloze afrastering wordt 'remotely' moving, shifting, transitioning, herding, shepherding of 'begeleiden' genoemd. Een aantal systemen (niet alle) biedt een dergelijke functie aan, welke de dieren door middel van vibratiesignalen, afgegeven via de halsband, de gewenste kant op begeleidt. Op deze locaties is vaak een beloning te behalen, zoals brok of vers ruwvoer, en de dieren leren de vibratiesignalen met deze beloning te associëren. De begeleiding start met een vibratiesignaal, dat bewust door de diervorzorger wordt ingezet. Door middel van de vibratiesignalen wordt het dier de juiste richting op begeleid. Wanneer het dier de verkeerde richting op gaat, wordt een geluidssignaal afgegeven. Als het dier het geluidssignaal te lang negeert, volgt uiteindelijk

een corrigerende elektrische schok. Een hele kudde, maar ook individuele dieren kunnen door middel van de begeleidingsfunctie naar een bepaalde locatie worden begeleid. Het verschil tussen de hier beschreven begeleidingsfunctie en het verplaatsen van de draadloze afrastering zoals beschreven in 2.1, is dat bij begeleiding de dieren middels een vibratie geattendeerd worden op het feit dat ze in beweging moeten komen en dat ze daarna middels vervolgsignalen de gewenste kant op begeleid worden. Dit terwijl bij het gewoon verplaatsen van de grenzen de dieren daarop niet actief geattendeerd worden en er minder sprake is van dwang.

2.2.1 Training van de begeleidingsfunctie

Terwijl de dieren getraind worden in het omgaan met de draadloze afrastering, kunnen ze ook getraind worden in het omgaan met de begeleidingsfunctie. De training voor de begeleiding naar een nieuw stuk wei of de stal om te melken, verloopt globaal als volgt: De training start met de combinatie van attentie via een vibratiesignaal en het ophalen en drijven van de dieren door de veehouder op de gebruikelijke wijze, bijv. lopend of met de quad. Na enkele keren ophalen weten de dieren dat het vibratiesignaal de verplaatsing aankondigt. De veehouder neemt vervolgens een steeds passievere positie in tot fysiek opdrijven door de veehouder niet meer nodig is. Dit is doorgaans binnen een week (Collie, 2024d; Verdon, 2023). De training om een individuele koe vanuit de koppel naar de stal te laten lopen, duurt 1-2 maanden (Collie, 2024d).

2.2.2 Interacties tussen het dier en de begeleidingsfunctie

De volgende interacties tussen dier en begeleidingsfunctie zijn mogelijk nadat de veehouder een vibratiesignaal heeft afgegeven via de app:

- Het dier blijft waar het is. Na een vaststaande tijdsduur, nl. een minuut, ontvangt het dier een herinnering in de vorm van een 20 seconden durende pulserende vibratie. Als het dier 30 seconden na de pulserende vibratie nog steeds niet in beweging is, ontvangt het een elektrische schok.
- Het dier komt in beweging en blijft dan opnieuw stil staan. Na een vaststaande tijdsduur, nl. een minuut, treedt dezelfde vaststaande volgorde en sterkte van signalen in werking als wanneer het dier blijft waar het is.
- Het dier loopt de gewenste richting in. Het dier ontvangt geen signalen meer.
- Het dier loopt de verkeerde richting in. Het dier ontvangt dezelfde geluidssignalen en elektrische schokken als bij het naderen en overschrijden van de draadloze afrastering.

2.2.3 Wat kan de veehouder (niet) met de begeleidingsfunctie

De begeleidingsfunctie is vooralsnog alleen te gebruiken als onderdeel van een systeem waar ook draadloze afrastering mogelijk is.

Wat kan de veehouder wel:

- De veehouder kan de koppel als geheel attenderen en naar de stal begeleiden.
- De veehouder kan dieren uit een kudde individueel attenderen en naar de stal begeleiden.

Wat kan de veehouder niet:

- De veehouder kan niet zelf de sterkte, duur of andere kenmerken van de verschillende signalen instellen.

2.3 Beschikbare systemen

In bepaalde delen van Europa is het Noorse NoFence-systeem (www.nofence.no/en/) beschikbaar. Het wordt in de praktijk gebruikt voor geiten op Vlieland¹ en in de meeste Europese onderzoeken aan draadloze afrastering. Een ander systeem, Collie (nl.collie.eu/) wordt momenteel in Nederland ontwikkeld voor de Europese markt. Buiten Europa zijn eShepherd (am.gallagher.com/en/new-products/eShepherd; Australië en Nieuw-Zeeland), Halter (www.halterhq.com/; Nieuw-Zeeland) en Vence (vence.io/; Verenigde Staten) beschikbaar. Anno december 2023 bieden alleen Halter en Collie, in aanvulling op de draadloze afrastering, ook de begeleidingsfunctie aan. Een vergelijking van deze systemen (m.u.v. Collie) is beschreven in Goliński et al. (2023).

¹ www.boswachtersblog.nl/vlieland/2022/06/17/geiten-los-bij-de-kikkerbult/

3 Dierenwelzijn in relatie tot draadloze afrastering

3.1 Definities dierenwelzijn

Er bestaan verschillende definities voor dierenwelzijn, die elkaar overigens niet uitsluiten. Zo is er de definitie van de Raad voor Dierenaangelegenheden in het 'Denkkader Dierenwelzijn': *"Dierenwelzijn is de kwaliteit van leven zoals deze door het dier zelf wordt ervaren"* (Bracke et al. 1999). *Een dier ervaart een positieve staat van welzijn indien het de vrijheid heeft om normale, soorteigen gedragspatronen uit te voeren en het in staat is om adequaat te reageren op de uitdagingen die de heersende omstandigheden bieden* (RDA, 2018) *of adequaat om te gaan met zijn omgeving* (RDA, 2021). Op basis hiervan heeft de Raad voor Dierenaangelegenheden zes leidende principes geformuleerd voor een *'dierwaardige veehouderij waarin het dier een positieve staat van welzijn ervaart'*: 1. erkenning van de intrinsieke waarde en de integriteit van het dier, 2. goede voeding, 3. goede omgeving, 4. goede gezondheid, 5. natuurlijk gedrag en 6. een positieve emotionele toestand. Deze toestand komt voort uit het voldoen aan de vijf ervoor genoemde principes (RDA, 2021). De zes principes zijn gebaseerd op het Five Domains model van Mellor en collega's (2020) dat momenteel veel wordt gehanteerd in dierenwelzijnsonderzoek. Een ander aspect is dat keuzevrijheid, bijv. kunnen kiezen tussen binnen of buiten of het kunnen vermijden van groepsgenoten of hen juist opzoeken, ook bijdraagt aan dierenwelzijn (RDA, 2021).

Het welzijnsconcept van de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht (Arndt et al., 2022) benadrukt ook het belang van een positieve emotionele toestand, maar definieert deze aan de hand van het aanpassingsvermogen van het dier aan zijn omgeving: *'een individueel dier is waarschijnlijk in een positieve welzijnstoestand als het mentaal en fysiek in staat is en het vermogen en de gelegenheid heeft om adequaat te reageren op incidentele of langdurige plezierige en onplezierige interne en externe prikkels, gebeurtenissen en omstandigheden.'* Reacties zijn adequaat als ze *'onderdeel zijn van het normale gedrag van het dier en ze ervoor zorgen dat het dier kan omgaan met en zich kan aanpassen aan de eisen van de (heersende) omstandigheden, waardoor het dier een toestand kan bereiken die het als positief ervaart, d.w.z. dat positieve emoties ontstaan.'*

Een belangrijk element in beide concepten is het benoemen van positief welzijn (bijv. plezierige ervaringen hebben) als randvoorwaarde voor dierenwelzijn. Dit is in tegenstelling tot enkele, oudere definities (zoals de vijf vrijheden) welke focussen op het voorkómen van negatief welzijn (bijv. verwondingen en afwijkend gedrag).

3.2 Ongerief door elektrische schok

Een elektrische schok zoals deze wordt toegepast in draadloze afrastering, kan worden beschouwd als een kortdurende negatieve externe prikkel. Volgens de proefdierwetgeving worden de volgende aspecten van een negatieve externe prikkel beschouwd als relevant voor dierenwelzijn: de aard van de pijn, effecten op angst, de frequentie, vermijdbaarheid en storingen. Voor wat betreft schrikdraad gaat de overheid ervan uit dat *'de welzijnsaantasting gering is en niet verder gaat dan noodzakelijk'* (Staatsblad, 2021).

De volgende aspecten van dierenwelzijn worden als relevant beschouwd in relatie tot draadloze afrastering: enerzijds ongerief bij het oplopen van een elektrische schok en anderzijds adequaat hierop kunnen reageren in termen van aanpassingsvermogen, voorspelbaarheid en beheersbaarheid.

3.3 Voorspelbaarheid en beheersbaarheid als randvoorwaarden voor dierenwelzijn

Of een dier in staat is om adequaat om te gaan met zijn omgeving, in dit geval met draadloze afrastering, wordt o.a. bepaald door de mate waarin het dier een draadloos afrasteringssysteem kan voorspellen en beïnvloeden (Lee et al., 2018). De voorspelbaarheid van draadloze afrastering hangt af van de frequentie waarmee de draadloze afrastering wordt verplaatst, de aanwezigheid van een visuele indicatie waar de afrastering zich bevindt en de aankondiging van de nadering van de afrastering met hetzelfde waarschuwendende geluidssignaal. Wanneer de draadloze grens niet verplaatst wordt, is de voorspelbaarheid groot. Een elektrische schok bij het overschrijden van de afrastering wordt immers altijd voorafgegaan door hetzelfde geluidssignaal. Als de draadloze afrastering verplaatst wordt (bijvoorbeeld wekelijks, dagelijks of meerdere keren per dag), is de voorspelbaarheid dan lager? Het al dan niet horen van een geluidssignaal vergroot de voorspelbaarheid van de draadloze afrastering. De voorspelbaarheid wordt ook hoger als er een visuele aanwijzing is, bijvoorbeeld in de vorm van een sloot, heg of doordat een deel van de kudde zich reeds binnen de nieuwe afrastering bevindt. Desalniettemin stellen Lee et al. (2018) dat het geluidssignaal voorafgaand aan een elektrische schok kan zorgen voor een gemiddelde voorspelbaarheid, afhankelijk van de complexiteit van de situatie (e.g. frequentie van verplaatsen grenzen). De beheersbaarheid is groot als het dier altijd in staat is de elektrische schok te vermijden, door de afrastering niet te overschrijden. Als voorspelbaarheid en beheersbaarheid gemiddeld tot hoog zijn, zou het welzijn van het dier niet geschaad worden volgens Lee et al. (2018). Deze theorie geldt als dieren getraind en gewend zijn aan draadloze afrastering, en de situatie niet te complex is voor het dier om te snappen. Wat wordt verstaan onder "complex" wordt niet beschreven in de studie van Lee et al. (2018), maar kan onder meer duiden op de frequentie waarmee de afrastering wordt verplaatst.

Om een hoge mate van voorspelbaarheid en beheersbaarheid te bereiken, moet het dier eerst leren met het systeem om te gaan. Dit betekent dat het dier leert om adequaat te reageren op het geluidssignaal, waarmee het de elektrische schok vermijdt. Als het dier voor de eerste keer een draadloze afrastering nadert, weet/ziet het niet dat er iets bijzonders is aan die plek, weet het niet wat het geluidssignaal betekent en weet het niet hoe de elektrische schok te vermijden. Voorspelbaarheid en beheersbaarheid zijn beide laag. Gedragingen die worden gezien bij contact met de elektrische schok op de eerste trainingsdag zijn: weglopen, -draven of -rennen, met de voorpoten omhoog springen, of gewoon doorgaan met grazen (Hamidi et al., 2023). Dit zijn overigens min of meer dezelfde gedragingen als bij het eerste contact met schrikdraad: zich van het schrikdraad af bewegen, kop schudden, stoppen met de vorige activiteit in combinatie met een snelle verandering van houding, springen of geluid maken (Verdon et al., 2020). Deze reacties worden getypeerd als schrikreacties (Taylor, 2010). Tijdens het leren van het systeem, koppelen de dieren het geluidssignaal aan de elektrische schok. Door het geluidssignaal wordt de elektrische schok voorspelbaar, en leren de dieren hoe ze de elektrische schok kunnen vermijden. Daarmee wordt het al dan niet ontvangen van de elektrische schok beïnvloedbaar. Op basis van deze theorie redeneren Lee et al. (2018) dat een goed dierenwelzijn gewaarborgd kan worden als dieren een systeem zoals draadloze afrastering goed kunnen aanleren in een voor hen niet te complexe situatie.

3.4 Dierenwelzijn meten

Hierboven zijn meerdere aspecten genoemd die van invloed kunnen zijn op het welzijn van runderen die gehouden worden met draadloze afrastering. Of draadloze afrastering daadwerkelijk effect heeft op dierenwelzijn, blijkt uit metingen aan het dier. In deze quick scan wordt beschreven wat de effecten kunnen zijn van draadloze afrastering op het welzijn van runderen via de onderstaande vragen:

- Kunnen dieren de omgang met draadloze afrastering makkelijk aanleren? Als dieren leren om met het systeem om te gaan, is de verwachting dat de voorspelbaarheid en de beheersbaarheid (vermijdbaarheid van de elektrische schok) toenemen, dus dat dieren adequaat kunnen omgaan met het systeem, wat tegemoet komt aan de randvoorwaarden voor een goed dierenwelzijn (EU, 2010; Lee et al., 2018; RDA, 2018; RDA, 2021; Arndt et al., 2022).
- Vertonen dieren hun normale gedragsrepertoire? In het geval van draadloze afrastering kan bijvoorbeeld de tijdsbesteding voor en na de introductie van draadloze afrastering met elkaar vergeleken worden, of

gedrag van dieren met draadloze afrastering met dat van dieren met schrikdraad. Het kunnen vertonen van het natuurlijk gedragsrepertoire is een randvoorwaarde voor dierenwelzijn en veranderingen daarin kunnen een indicator zijn voor veranderingen in het dierenwelzijn (RDA, 2018; RDA, 2021; Arndt et al., 2022).

- Hoe reageren dieren met en zonder draadloze afrastering in zg. 'cognitive bias'-tests? Dit soort tests onderscheidt of een dier optimistisch of pessimistisch gestemd is, een indicator voor de optelsom van de mentale ervaringen (RDA, 2018) en dus of dieren adequaat kunnen omgaan met hun omgeving.
- Vertonen dieren fysiologische signalen van stress? Een verhoogde cortisolwaarde is een indicator voor stress. Afhankelijk van of de cortisolwaarde gemeten wordt in haren, melk of mest, weerspiegelt het acute stress (melk: ≤ 2 uur (Verkerk et al., 1998) en mest: 12 uur (Palme et al., 2000) of chronische stress (haar aan het uiteinde van de staart: 3 weken (Burnett et al., 2014)). Een verhoogde hartslag is ook een indicator voor stress (Kovács et al., 2014). Verhoogde hartslag kan echter ook een indicator zijn voor plezierige vormen van opwindning, dus deze zal altijd samen met andere indicatoren geïnterpreteerd moeten worden. Aan- of afwezigheid en de mate van fysiologische stress reacties zijn een indicator dat dieren niet adequaat kunnen omgaan met hun omgeving, wat een risico kan zijn voor hun welzijn (RDA, 2018; RDA, 2021; Arndt et al., 2022).

3.4.1 Afbakening

Wat niet meegenomen is, zijn de mogelijke voordelen voor dierenwelzijn die kunnen ontstaan als veehouders meer weidegang gaan toepassen dankzij de beschikbaarheid van draadloze afrastering en het op afstand kunnen monitoren van de locatie en het gedrag van hun dieren. Het is voorstelbaar dat draadloze afrastering het voor veehouders makkelijker en dus aantrekkelijker maakt om gedurende meer dagen per jaar weidegang toe te passen of jongvee te laten grazen in natuurgebieden. Dit zou een verbetering zijn voor dierenwelzijn in vergelijking met korter weiden of jongvee binnen houden. Deze aspecten worden als indirect en daardoor moeilijk meetbaar beschouwd.

4 Draadloze afrastering en dierenwelzijn

4.1 Gemak waarmee dieren met draadloze afrastering leren omgaan

Zoals genoemd in paragraaf 3.3, is een randvoorwaarde voor dierenwelzijn dat dieren het systeem van draadloze afrastering makkelijk kunnen aanleren (Lee et al., 2018). Hoe snel dieren met draadloze afrastering leren om te gaan, wordt uitgedrukt in het verloop van het aantal geluidssignalen en elektrische schokken en de verhouding daartussen in de loop van de trainingsperiode. Uit de literatuur blijkt dat het overgrote deel van dieren in een groep binnen enkele dagen leert om met draadloze afrastering om te gaan (Campbell et al., 2019, Lomax et al., 2019, Confessore et al., 2022, Hamidi et al., 2022, Verdon, 2023). Zo vonden Campbell et al. (2019) bij 64 Angusstieren dat tijdens de eerste 2 dagen het merendeel van de dieren dagelijks hooguit 5 elektrische schokken kreeg, wat daarna verder afnam tot nog af en toe een schok². Hamidi et al. (2022) vonden bij 24 Fleckviehvaarzen (waarvan 12 met draadloze afrastering en 12 met schrikdraad) dat op de 1^e trainingsdag 9 van de 12 dieren gemiddeld 2,2 elektrische schokken kregen. Op de 12^e dag kregen 9 dieren alleen nog maar geluidssignalen en geen enkele elektrische schok. Verdon (2023) vond dat tijdens de 1^e dag van een 10-daagse training van een groep van 80 volwassen melkkoeien, 60% van de geluidssignalen nog genegeerd werd en daardoor gevolgd werd door een elektrische schok (mediaan 11 elektrische schokken/dier/dag op de 1^e dag). Op dag 2 tot 10 was dat nog 4,5% van de geluidssignalen (mediaan 0,56 elektrische schok/dier/dag). Confessore et al. (2022) lieten zien dat 20 drachtige Limousinkoeien in een periode van 14 dagen van 15 naar 4,3 elektrische schokken/dier/dag gingen en dat na verloop van tijd 40 keer zoveel geluidssignalen werden afgegeven als elektrische schokken. Lomax et al. (2019) vonden dat in een 6-daags onderzoek met 12 droogstaande Holsteinkoeien dat het aantal elektrische schokken afnam van 3,4 naar 1,5 per dier per dag. Kortom, in het algemeen geldt dat dieren de techniek snel kunnen leren, maar de voorspelbaarheid van het systeem is afhankelijk van hoe vaak de grenzen verzet worden.

4.1.1 Verschillen tussen individuen

Tegelijk werd in sommige onderzoeken (Bishop-Hurley et al., 2007; Campbell et al., 2018; Lomax et al., 2019, Aaser et al., 2022, Hamidi et al., 2022, Holohan et al., 2023) vastgesteld dat sommige individuen minder snel leren of ook na de trainingsperiode meer elektrische schokken kregen dan hun groepsgenoten. Lomax et al. (2019) gaven aan dat onderzoek over een langere periode en met oog voor individuele verschillen, meer informatie kan geven over negatieve gevolgen voor dierenwelzijn voor individuele koeien. Er zijn soms dieren die aan het eind van de training meer elektrische schokken krijgen dan hun groepsgenoten. Afhankelijk van wat de reden daarvoor is, heeft dat al dan niet gevolgen voor dierenwelzijn. Bijvoorbeeld, als dieren meer onderzoekend van aard zijn, grenzen actief opzoeken en elektrische schokken 'voor lief' nemen, heeft dat wellicht nauwelijks of geen invloed op hun welzijn. Wanneer dieren echter minder goed leren of om andere redenen (bijv. angstig of fysiek beperkt zijn) elektrische schokken niet (altijd) kunnen vermijden, kunnen de elektrische schokken een groter effect op hun welzijn hebben. Het is daarbij ook waardevol om beter naar rasverschillen te kijken in termen van gedrag en leervermogen. Aandacht voor individuele verschillen is nodig bij gebruik en in vervolgonderzoek voor het kunnen doen van beter onderbouwde uitspraken over dierenwelzijn en voor het optimaliseren van het leerproces en gebruik van de techniek.

4.1.2 Training als individu of als groep

Kuddegedrag blijkt een sterke invloed te hebben op de effectiviteit van draadloze afrastering tijdens en na de trainingsperiode. Uit een Australische studie met lacterende melkkoeien bleek dat individuele training van

² Deze auteurs presenteerden hun resultaten grotendeels in grafiekvorm, waaruit de hier genoemde getallen afgelezen zijn. Vandaar 'iets meer dan 0' in plaats van een exact getal met decimalen.

koeien effectiever was dan training in een groep. Dit kwam doordat sommige koeien reageerden op de andere koeien in kudde, in plaats van op het draadloze afrasteringssysteem en daardoor het systeem niet voldoende leerden begrijpen (Colusso et al., 2020). In tegenstelling tot deze studie, werkte draadloze afrastering door kuddegedrag juist effectiever in een andere Australische studie met 64 Angusstieren (Keshavarzi et al., 2020) en opperden de onderzoekers dat niet alle dieren in een kudde een beweidingshalsband hoeven te dragen. Het vergt meer onderzoek of groepsdynamiek bijdraagt aan de effectiviteit van het beweidingssysteem, ook wanneer het over een langere periode getest wordt (Aaser et al., 2022).

4.1.3 Opschuivende grens

Bij veel van bovenstaande onderzoeken werd de draadloze afrastering opgeschoven, bijvoorbeeld om de dieren vers gras aan te bieden. Over het algemeen wisten de dieren daar zeer goed op te reageren. Zo vonden Hamidi et al. (2022) dat hun dieren op dag 8 bij het beschikbaar stellen van een nieuw stuk gras op basis van het ontbreken van het geluidssignaal op de oude grens, deze overschreden, en ze volledig gebruik maakten van de beschikbare wei. Sterker nog, de dieren beschouwden aan- of afwezigheid van het geluidssignaal als grens en niet de locatie waar ze het geluid hoorden. Dit komt overeen met resultaten van andere onderzoekers (Campbell et al., 2017; Langworthy et al., 2021; Aaser et al., 2022).

4.2 Draadloze afrastering en diergedrag

Er zijn verschillende aspecten van diergedrag onderzocht als indicator voor dierenwelzijn in relatie tot draadloze afrastering, al dan niet in vergelijking met schrikdraad. Hieronder worden enkele voorbeelden genoemd. Tijdsbesteding en veranderingen daarin kunnen een indicatie zijn voor de welzijnstoestand. Het gedrag van melkkoeien bij het gebruik van draadloze afrastering is onderzocht in verscheidene internationale studies met verschillende begrazingsystemen, weide-oppervlak, ras en leeftijd van de koeien. Over het algemeen werden geen tot kleine verschillen in gedrag gevonden tussen draadloos en met schrikdraad gehouden runderen (Campbell et al., 2019; Verdon et al., 2021; Aaser et al., 2022; Hamidi et al., 2022). In een Duitse studie met Fleckviehvaarzen werd in zijn algemeenheid nauwelijks verschil gevonden tussen gedrag van dieren die draadloos of met schrikdraad begrensd werden, maar de dieren die een elektrische schok kregen van de draadloze afrastering hervatten het grazen sneller (na 22 seconden) dan die een elektrische schok kregen van een schrikdraad (na 34 seconden; Hamidi et al., 2022). Wellicht heeft een elektrische schok afkomstig van draadloze afrastering minder impact dan die van schrikdraad. In een Australische studie met vleesvee waar de draadloze grenzen van de weide steeds kleiner gemaakt werd in een periode van 22 dagen, zochten de koeien gemiddeld binnen 4,25 uur de grens op. Daarnaast veranderde de totale ligtijd en aantal stappen nauwelijks bij het kleinste weide-oppervlak in vergelijking met het grootste weide-oppervlak (Campbell et al., 2017). Uit onderzoek aan Anguskoeien in een draadloos afgerasterd Deens natuurgebied, bleek in de trainingsperiode dat de afstand tussen de draadloze afrastering en alle dieren uit de kudde na een elektrische schok groter was dan voordat dit signaal werd gegeven. Na de trainingsperiode werd deze afstand kleiner. Als verklaring werd gesuggereerd dat de dieren na verloop van tijd de signalen beter kunnen associëren met de draadloze grens, en daardoor de grens meer op durven te zoeken (Aaser et al., 2022). Daarnaast laat dit duidelijk zien dat individuele koeien die een signaal ontvangen, kunnen zorgen voor een verandering van sociaal gedrag van de hele kudde.

4.3 Draadloze afrastering en fysiologische indicatoren

Veel onderzoek naar draadloze afrastering focust op de vraag of de geluidsignalen en elektrische schokken die worden afgegeven door een beweidingshalsband kunnen leiden tot stressreacties op korte- en lange termijn. In een aantal studies is deze stressreactie over een tijdsbestek van dagen of een paar weken onderzocht door middel van cortisolmetingen in melk of mest. Onderzoekers die cortisol in mest vergeleken tussen draadloos en met schrikdraad gehouden dieren, vonden geen verschil (Campbell et al., 2019; Hamidi et al., 2022; Sonne et al., 2022; Grinnell et al., 2023; Holohan et al., 2023). Cortisolgehalte in melk verschilde niet tussen dieren gehouden met draadloze afrastering of met schrikdraad (Verdon et al., 2021).

Dit duidt erop dat draadloze afrastering een soortgelijk/vergelijkbaar stressniveau oplevert als schrikdraad. Deze studies zijn gedaan gedurende een korte tijd (dagen/weeken) en geven aan dat soortgelijk onderzoek nodig is voor een langere termijn.

4.4 Draadloze begeleiding

Onderzoek naar de functionaliteit van de begeleidingsfunctie en effecten ervan op dierenwelzijn zijn niet beschikbaar in de literatuur. Er is wel één onderzoek gevonden dat de training van draadloze afrastering inclusief de begeleidingsfunctie beschreef (Verdon, 2023). Een groep van 80 melkkoeien werd in 10 dagen getraind om binnen een draadloze afrastering te blijven en om van de wei naar de melkstal te lopen. De meeste koeien leerden de draadloze afrastering in 1 dag kennen en de hele kudde liep naar de melkstal zonder begeleiding door een fysiek aanwezige persoon op de 4^e dag. Het aantal geluidsignalen bij het begeleiden verminderde van 21 per dag (op dag 2 t/m 10 van de trainingsperiode) naar 5 per dag in de 4^e week na de training. Het aantal elektrische schokken bij begeleiden verminderde van 1.44 per dag (op dag 2 t/m 10 van de trainingsperiode) naar 0.14 per dag in de 4^e week na de training. Deze publicatie bevatte geen informatie over dierenwelzijn. Persoonlijk navragen bij de betreffende auteur leerde dat de effecten op dierenwelzijn nog worden uitwerkt, maar dat ze zo op het oog nauwelijks verschil ziet tussen virtueel begeleiden en begeleiden door personen (Verdon, 2023, persoonlijke informatie per mail). Effecten van de begeleidingsfunctie op dierenwelzijn vereisen meer onderzoek.

4.5 Overige aspecten m.b.t. dierenwelzijn

Hierboven zijn welzijnsaspecten van draadloze afrastering beschreven in termen van rechtstreekse effecten op de dieren. Er is een aantal andere aspecten aan draadloze afrastering dat op een andere manier invloed kan hebben op dierenwelzijn.

1. Monitoren van diergedrag en signaleren van afwijkingen

Een draadloos afrasteringssysteem kan bijdragen aan het beter monitoren van de dieren doordat de locatie van de individuele dieren continu gevolgd kan worden op telefoon of tablet. Sommige systemen leggen ook gedrag vast, zoals grazen, rusten en lopen. Daarmee kan de veehouder op afstand zien of en welk dier afwijkt in termen van positie ten opzichte van de kudde (ziek, afgezonderd, in de sloot) of in gedrag (minder/niet meer bewegen). Dit zijn voordelen ten opzichte van fysiek schrikdraad of ten opzichte van sensoren zonder locatie (Marini et al., 2022).

2. Minder verwondingen / verstrikt raken in afrastering

Gehouden dieren en wilde dieren kunnen niet verstrikt of gewond raken in een draadloze afrastering, zoals dat wel kan bij schrik- of prikkeldraad (Umstatter, 2011). Overigens blijft het wel nodig dat de uiterste grenzen van een weidegebied begrensd zijn met water, schrik- of prikkeldraad. Dit voor het geval dieren 'uitbreken', ter voorkoming van betreding door publiek, loslopende honden of andere dieren of voor het geval het systeem uit staat of anderszins niet werkt.

3. Schuurplekken door halsbanden

De beweidingshalsbanden dienen goed om de hals te passen om schuurplekken te voorkomen. Dit is een aandachtspunt bij dieren in de groei. Ook dient het dragen van meerdere halsbanden vermeden te worden.

4. Storingen

Het feit dat draadloze afrasteringssystemen afhankelijk zijn van werkzaamheid van technologie die deels buiten de invloedssfeer ligt van de veehouder, is een nadeel van het systeem in vergelijking met fysieke afrastering. Op het moment van storingen in de software of nauwkeurigheid van het GPS-sigitaal, werkt het systeem niet naar behoren. Ook daarom is draadloze afrastering in Nederland alleen te gebruiken als rondom een perceel/ het terrein een fysieke barrière is in de vorm van water, schrik- of prikkeldraad (Collie, 2024e).

5 Vergelijking van draadloze afrastering voor runderen met stroomhalsbanden voor honden

Draadloze afrastering voor vee wordt soms vergeleken met stroomhalsbanden voor honden.

Stroomhalsbanden voor honden zijn in Nederland sinds 1 januari 2022 verboden vanwege nadelige effecten op dierenwelzijn (Rijksoverheid, 2021). Hieronder wordt beknopt ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen draadloze afrastering voor runderen en de stroomhalsbanden voor honden.

Er bestaan drie types elektrische stroomhalsbanden voor honden, namelijk de anti-blafhalsband, de trainingshalsband en de onzichtbare afrastering (Polsky, 1994).

- De anti-blaf halsband wordt gebruikt om blafgedrag af te leren of te verminderen. Deze band reageert automatisch op trillingen van de stembanden (Kapteijn et al., 2020). De band kan echter ook geactiveerd worden door andere trillingen of andere blaffende honden (Kapteijn et al., 2020).
- De trainingshalsband wordt op afstand bediend door de trainer/eigenaar en wordt gebruikt om honden te trainen om bepaald gedrag aan of af te leren. Hij wordt dus ingezet als straf- of dwangmiddel. Kapteijn et al. (2020) schrijven dat het gebruik ervan bewezen leidt tot angst, stress, agressiviteit en blijvende aantasting van de vertrouwensband tussen eigenaar en hond (Kapteijn et al., 2020). Ook geven ze aan dat er meer diervriendelijke, trainingsmethoden bestaan die net zo effectief zijn.
- De onzichtbare afrastering is (meestal) een ingegraven draad om honden de vrijheid te geven om buiten los te lopen, bijvoorbeeld in een grote tuin of erf, zonder dat ze deze kunnen verlaten. Wanneer de hond de ingegraven draad overschrijdt, wordt een elektrische schok gegeven, vaak voorafgegaan door een geluidssignaal.

Kapeijn et al. (2020) geven aan dat sommige van deze elektrische hondenhalsbanden voorafgaand aan de elektrische schok een trilling of piepsignaal geven bij wijze van waarschuwing. Het dier kan de elektrische schok vermijden door zijn gedrag aan te passen. Ook geven ze aan dat correct toepassen van de elektrische hondenhalsband - wat wellicht minder negatieve gevolgen heeft voor dierenwelzijn - moeilijk is, door de vele factoren die van invloed zijn.

5.1 Overeenkomst en verschillen tussen draadloze afrastering en elektrische hondenhalsbanden

Voor alle systemen, voor zowel honden als vee, geldt dat alle dieren worden uitgerust met een halsband die (onder meer) elektrische schokken afgeeft aan het dier. Hieronder worden de verschillen tussen draadloos afrastering voor runderen en verschillende type hondenhalsbanden toegelicht.

5.1.1 Draadloze afrastering voor runderen versus de anti-blafhalsband

Blaffen bij honden is een emotionele uiting. Vocalisaties door zoogdieren, waaronder hondengeblaf, worden omschreven als gerelateerd aan de emotionele toestand van de zender (Briefer, 2012). Dit kan angst zijn, bijvoorbeeld om alleen te zijn. Een belangrijk aspect van de anti-blafband is dat het voor dieren moeilijk of onmogelijk is om deze emoties en de daaruit voortvloeiende geluiden te onderdrukken (Briefer, 2012). Uitgaande van een correct functionerende anti-blafband, dus één die alleen afgaat bij blaffen door de drager én waarbij de elektrische schok wordt voorafgegaan door een tril- of geluidssignaal, zou de voorspelbaarheid van de elektrische schok hoog moeten zijn. De andere randvoorwaarde voor dierenwelzijn, nl. de beheersbaarheid, is sterk afhankelijk van hoezeer een dier in staat is zich te beheersen. Dit kan ook sterk worden beïnvloed door de omgeving. Als het dier het blaffen al zou kunnen inhouden, is de achterliggende

emotie, bijv. angst, daarmee niet verdwenen. Verschillen tussen draadloze afrastering en de anti-blafhalsband zijn de mate van beheersbaarheid door het dier (hoog bij afrastering, laag tot gemiddeld bij anti-blaf) en achterliggende emoties (met uitzondering van angst opwekkende incidenten niet bij afrastering, wel bij anti-blaf). De anti-blafhalsband vormt naar verwachting een groter risico voor dierenwelzijn dan draadloze afrastering. Dit wordt bevestigd door diverse onderzoeken, zoals samengevat door Kapteijn et al. (2020).

5.1.2 Draadloze afrastering voor runderen versus de trainingshalsband voor honden

De trainingshalsband wordt bediend door de eigenaar / trainer met een afstandsbediening. De eigenaar / trainer bepaalt afhankelijk van het gedrag van de hond, of hij een signaal afgeeft, welk type signaal wordt afgegeven, en wanneer dit signaal precies wordt afgegeven. Het kan zijn dat voor het dier niet duidelijk is welk gedrag verwacht wordt, of dat het dier redenen heeft om het gedrag niet te willen of durven uitvoeren. Ook kan de timing tussen gedrag en signaal verschillen per situatie. Daarnaast kan de vertrouwensband tussen het dier en de eigenaar / trainer worden geschaad, doordat het dier weet dat de eigenaar / trainer de (elektrische) signalen toedient. Uitgaande van een correct gebruik, dus waarbij de elektrische schok wordt voorafgegaan door een tril- of geluidssignaal en wanneer altijd op zelfde (voorspelbare) momenten een signaal wordt afgegeven, zou de voorspelbaarheid van de elektrische schok matig tot hoog moeten zijn. De andere randvoorwaarde voor dierenwelzijn, nl. de beheersbaarheid, kan variëren tussen hoog en laag, afhankelijk van de mate waarin het dier weet wat er van hem verwacht wordt, dit gedrag dan uit kan of durft te voeren, en de consistentie waarmee de eigenaar / trainer signalen afgeeft. Dit betekent dat volgens de theorie van Lee et al. (2018) het verwachte effect van de halsband op dierenwelzijn negatief is. Bovendien kan een beschadigde (vertrouwens)band met de eigenaar ook een negatief effect op dierenwelzijn hebben. Verschillen tussen draadloze afrastering en de trainingshalsband zijn de voorspelbaarheid (gemiddeld tot hoog bij afrastering afhankelijk van hoe vaak de draadloze grenzen verzet worden, grotere variatie bij trainingshalsband), de beheersbaarheid (hoog bij afrastering en laag-hoog bij trainingshalsband) en de mogelijk beschadigde persoonlijke vertrouwensband met de trainer/eigenaar (niet bij afrastering, niet/wel bij trainingshalsband). In termen van dierenwelzijn vormt de trainingshalsband naar verwachting een groter risico voor dierenwelzijn dan draadloze afrastering. Het risico van de trainingshalsband voor dierenwelzijn wordt bevestigd door diverse onderzoeken, zoals samengevat door Kapteijn et al. (2020).

5.1.3 Draadloze afrastering voor runderen versus onzichtbare afrastering voor honden

De overeenkomsten tussen onzichtbare afrastering met draadloze afrastering zijn groot, mits de onzichtbare afrastering bij honden dezelfde koppeling veroorzaakt tussen een geluidssignaal en een elektrische schok. Tussen het geluidssignaal en de elektrische schok moet voldoende tijd zitten om de elektrische schok te vermijden. De ingegraven afrastering bij honden bevindt zich altijd op dezelfde plek en is vaak visueel herkenbaar doordat er ook een heg of anderszins erfgras is. Dit zorgt ervoor dat de voorspelbaarheid van een onzichtbare afrastering bij honden hoog is, terwijl dat bij draadloze afrastering in vee afhankelijk is van de frequentie waarmee de grens verplaatst wordt. De beheersbaarheid is hetzelfde tussen beide systemen. Gebaseerd op de theorie van Lee et al. (2018) lijkt het systeem voor honden minder risico's voor dierenwelzijn mee te brengen door zijn statische aard, in vergelijking met draadloze afrastering voor runderen. Wel moet rekening gehouden worden dat het gedrag van honden beïnvloed kan worden door gebeurtenissen op of net buiten het erf, waardoor honden de draadloze grenzen opzoeken. Bijvoorbeeld een passerende andere hond. Voor runderen wordt een fysieke buitengrens aanbevolen (Collie, 2024e). Wetenschappelijk onderzoek naar de effecten van onzichtbare afrastering op het welzijn van honden is niet beschikbaar, maar wel één onderzoek aan katten. Uit het onderzoek aan katten bleken geen verschillen in dierenwelzijn tussen katten die minimaal een jaar met draadloze afrastering buiten mochten lopen en katten die gewoon vrij buiten mochten lopen (Kasbaoui et al., 2016). Het Nederlandse verbod op onzichtbare afrastering bij honden is gebaseerd op het feit dat het systeem het dragen van een stroomhalsband vereist, hetgeen de wetgever in zijn algemeenheid verbiedt. Gewoon schrikdraad is wel toegestaan, omdat de wetgever de welzijnsaantasting door schrikdraad als gering beschouwt en niet verder gaat dan noodzakelijk (Staatsblad 361, 2021).

6 Conclusies

Op basis van de literatuurstudie kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Kortdurende elektrische schokken als onderdeel van een systeem voor draadloze afrastering veroorzaken kortdurend licht ongerief bij dieren. De duur van de schok is vergelijkbaar met schrikdraad, maar de intensiteit is moeilijk te vergelijken. Dieren ontvangen de schokken vooral tijdens de eerste dagen van de training, alleen als ze een geluidssignaal negeren. Na de training ontvangt het merendeel van de dieren nauwelijks nog schokken.
- De beschikbare systemen kennen bij doorlopen van de gebruikelijke trainingsprogramma's en afhankelijk van hoe vaak de grens wordt verzet, een gemiddelde tot hoge mate van voorspelbaarheid en beheersbaarheid voor de dieren. Dit zijn twee randvoorwaarden voor dierenwelzijn.
- De huidige literatuur laat geen verschillen zien in gedrag of tijdsbesteding tussen koeien gehouden met schrikdraad en koeien met draadloze afrastering; er is geen indicatie dat er verschil is in dierenwelzijn tussen beide systemen.
- De huidige literatuur laat geen verschillen zien in fysiologische kenmerken (bijv. cortisolgehalte in mest of melk) tussen draadloze afrastering en schrikdraad; er is geen indicatie dat er verschil is in dierenwelzijn tussen beide systemen.
- Over de gevolgen voor de mentale staat van het dier (in termen van optimisme/pessimisme) bij langdurig (maandenlang) gebruik van draadloze afrastering, in vergelijking met schrikdraad, zijn geen publicaties gevonden. Meer onderzoek hiernaar helpt om meer volledige conclusies te kunnen trekken over dierenwelzijn.
- De meerderheid van de dieren leert binnen één of enkele dagen met de draadloze afrastering om te gaan en gebruikt het systeem 'effectief', dus ontvangt na enkele dagen nauwelijks nog elektrische schokken. Er blijken echter individuen te zijn die minder effectief met het systeem omgaan en die dus voor de duur van de onderzoeken meer elektrische schokken krijgen dan hun groepsgenoten. Meer onderzoek is nodig om te achterhalen wat dit betekent voor het dierenwelzijn en of maatwerk nodig is om het welzijn van deze dieren te verbeteren.
- Het merendeel van de beschikbare onderzoeken heeft betrekking op een periode van enkele dagen of weken. De vraag resteert wat de effecten zijn op dierenwelzijn bij gebruik van draadloze afrastering over een langere termijn, dus maanden of jaren.
- Het is wenselijk om te onderzoeken wat de effecten zijn van draadloze afrastering op dierenwelzijn in Nederlandse omstandigheden - vaak intensievere beweidingssystemen op kleinere oppervlakten.
- Er is geen informatie gevonden over de effecten van begeleiding door het systeem van dieren naar een specifieke plaats, zoals de stal, op dierenwelzijn. Het is wenselijk hier onderzoek naar te doen.

Kortom, uit internationaal onderzoek blijkt dat draadloze afrastering in vergelijking met schrikdraad, geen negatieve, maar ook geen positieve invloed heeft op gedrag en stressparameters van koeien.

Wat niet is meegenomen in de huidige studie, zijn de eventuele voordelen voor dierenwelzijn die kunnen ontstaan als veehouders vanwege nieuwe mogelijkheden of arbeidsgemak meer beweiding zouden gaan toepassen, bijv. meer beweidingdagen per jaar of het houden van jongvee in natuurgebieden.

7 Verantwoording

De auteurs hebben meerdere experts geraadpleegd: bedrijf Collie voor technische vragen over virtual fencing en begeleidingstechnologie, enkele beleidsmedewerkers van het ministerie van LNV over het verbod op elektrische hondenhalsbanden en twee wetenschappers van de faculteit diergeneeskunde voor feedback op de werkwijze, de interpretatie van publicaties en de conclusies van dit rapport. De auteurs zijn verantwoordelijk voor de keuze van de gebruikte publicaties, de interpretatie ervan en de conclusies. De informatie van bovengenoemde experts is gebruikt ter verduidelijking van het rapport. De auteurs hebben geen belang bij de uitkomsten van deze studie.

Literatuur

Aaser, M.F., S.K. Staahthoft, A.H. Korsgaard, A. Trige-Esbensen, A.K. Alstrup, C. Sonne, C. Pertoldi, D. Bruhn, J. Frikke, and A.C. Linder. 2022. Is Virtual Fencing an Effective Way of Enclosing Cattle? Personality, Herd Behaviour and Welfare. *Animals* 12(7):842. <https://doi.org/10.3390/ani12070842>

Arndt S.S., Goerlich V.C., Staay F.J. van der. 2022. A dynamic concept of animal welfare: The role of appetitive and adverse internal and external factors and the animal's ability to adapt to them. *Frontiers in Animal Science*. 3:908513. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.908513>

Bishop-Hurley G.J., Swain D.L., Anderson D.M., Sikka P., Crossman C., Corke P. 2007. Virtual fencing applications: Implementing and testing an automated cattle control system. *Computers and Electronics in Agriculture* 56 (2007) 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.12.003>

Bracke, M.B.M., B.M. Spruijt, J.H.M. Metz. 1999. Overall welfare reviewed. Part 3: Welfare assessment based on needs and supported by expert opinion. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47, 307-322. <https://doi.org/10.18174/njas.v47i3.468>

Briefer E.F., 2012. Vocal expressions of emotions in mammals: mechanisms of production and evidence. *Journal of Zoology* 288 (2012) 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2012.00920.x>

Burnett T.A., Madureira A.M.L., Silper B.F., Nadalin A., Tahmasbi A., Veira D.M., Cerri R.L.A. 2014. Factors affecting hair cortisol concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 7685-7690. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8444>

Campbell, D.L.M., J.M. Lea, W.J. Farrer, S.J. Haynes, and C. Lee. 2017. Tech-Savvy Beef Cattle? How Heifers Respond to Moving Virtual Fence Lines. *Animals* 7(9), 72. <https://doi.org/10.3390/ani7090072>

Campbell D.L.M., Lea J.M., Haynes S.J., Farrer W.J., Leigh-Lancaster C.J., Lee C. 2018. Virtual fencing of cattle using an automated collar in a feed attractant trial. *Applied Animal Behaviour Science* <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.12.002>

Campbell, D.L.M., J.M. Lea, H. Keshavarzi, and C. Lee. 2019. Virtual Fencing Is Comparable to Electric Tape Fencing for Cattle Behavior and Welfare. *Frontiers in Veterinary Science* 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00445>

Colusso, P.I., C.E.F. Clark, and S. Lomax. 2020. Should Dairy Cattle Be Trained to a Virtual Fence System as Individuals or in Groups? *Animals* 10(10), 1767. <https://doi.org/10.3390/ani10101767>

Collie. 2024a. Hoe sterk is de schrikfunctie? <https://nl.collie.eu/faq>

Collie. 2024b. Halsbanden omdoen en je koeien trainen. <https://nl.collie.eu/howitworks>

Collie. 2024c. Hoe worden nieuwkomers getraind (nieuwe vaarzen, aangekochte koeien?) <https://nl.collie.eu/faq>

Collie. 2024d. Hoe lang duurt een training? <https://nl.collie.eu/faq>

Collie. 2024e. Vervangt een virtuele afrastering een fysieke afrastering volledig? <https://nl.collie.eu/faq>

Confessore, A., C. Aquilani, L. Nannucci, M.C. Fabbri, P.A. Accorsi, C. Dibari, G. Argenti, and C. Pugliese. 2022. Application of Virtual Fencing for the management of Limousin cows at pasture. *Livestock Science* 263:105037. <https://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105037>

EU, 2010. Bijlage 8. Indeling naar ernst van de procedures. *Publicatieblad van de Europese Unie* L 276/76. 20.10.2010. <https://ivd-utrecht.nl/nl/infocentrum/document/europese-richtlijn-dierproeven-bijlage-viii>

Goliński, P., Sobolewska, P., Stefańska, B., & Golińska, B. (2022). Virtual fencing technology for cattle management in the pasture feeding system—A review. *Agriculture*, 13(1), 91. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010091>

Grinnell N.A., Hamidi D., Komainda M., Riesch F., Horn J., Traulsen I., Palme R., Isselstein J. 2023. Rotational stocking with virtual fences: effects on grassland diet digestibility, livestock performance and stress levels of heifers. *Proceedings of the 15th International Grassland Congress*. Covington, Kentucky, USA, 14-19 May. p1538-1541. <https://doi.org/10.52202/071171-0375>

-
- Halter. 2024a. Halter in a nutshell. <https://www.halterhq.com/animal-welfare-charter>
- Halter. 2024b. The animal training and learning experience. <https://www.halterhq.com/animal-welfare-charter/blog-post-title-four-85w79-75pnr-l3kk6-pyy5t>
- Hamidi, D., N.A. Grinnell, M. Komainda, F. Riesch, J. Horn, S. Ammer, I. Traulsen, R. Palme, M. Hamidi, and J. Isselstein. 2022. Heifers don't care: no evidence of negative impact on animal welfare of growing heifers when using virtual fences compared to physical fences for grazing. *Animal* 16(9):100614. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100614>
- Hamidi D., Grinnell N.A., Komainda M., Wilms L., Riesch F., Horn J., Hamidi M., Traulsen I., Isselstein J. 2023. The visibility of the invisible: analysing heifers reactions while learning the virtual fence system. Proceedings of the Joint International Congress on Animal Science 2023. August 26 - September 1. Lyon, France. P 443. https://eaap2023.org/wp-content/uploads/2023/08/57b1008e_2023-lyon-book-of-abstracts.pdf
- Holohan C., Gordon A., Palme R., Buijs S., Lively F. 2023. An assessment of young cattle behaviour and welfare in a virtual fencing system. Proceedings of the 15th International Grassland Congress. Held 14-19 May 2023, Covington, Kentucky, USA. p1569-1571. <https://doi.org/10.52202/071171-0383>
- Kapteijn, v. d. Borg, Vinke, and Arndt. 2020. De negatieve effecten van de elektronische halsband op het welzijn van honden en positieve trainingsmethoden als alternatief. 2020. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 145 (8): 16-19. <https://www.knmvd.nl/schokken-of-brokken-de-negatieve-effecten-van-de-elektronische-halsband-op-het-welzijn-van-honden-en-positieve-trainingsmethoden-als-alternatief/>
- Kasbaoui N., Cooper J., Mills D.S., Burman O. 2016. Effects of Long-Term Exposure to an Electronic Containment System on the Behaviour and Welfare of Domestic Cats. *PLoS ONE* 11(9): e0162073. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162073>
- Keshavarzi, H., C. Lee, J.M. Lea, and D.L.M. Campbell. 2020. Virtual Fence Responses Are Socially Facilitated in Beef Cattle. *Frontiers in Veterinary Science* 7:543158. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.543158>
- Kovács L., Jurkovich V., Bakony M., Szenci O., Póti P., Tözsér J. 2014. Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. *Animal* 8 (2): 316–330. <https://doi.org/10.1017/S1751731113002140>
- Langworthy, A.D., M. Verdon, M.J. Freeman, R. Corkrey, J.L. Hills, and R. P. Rawnsley. 2021. Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. I: Technology efficacy and pasture utilization. *Journal of Dairy Science* 104(6):7071-7083. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19796>
- Lee, C., I.G. Colditz, and D.L.M. Campbell. 2018. A Framework to Assess the Impact of New Animal Management Technologies on Welfare: A Case Study of Virtual Fencing. *Frontiers in Veterinary Science* 5-2018. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00187>
- Lomax, S., P. Colusso, and C.E.F. Clark. 2019. Does virtual fencing work for grazing dairy cattle? *Animals* 9(7) 429. <https://doi.org/10.3390/ani9070429>
- Marini D., Cowley F., Belson S., Lee C. 2022. Comparison of virtually fencing and electrically fencing sheep for pasture management. *Animal Production Science* 62(10–11):1000–1005. <https://doi.org/10.1071/AN21459>
- McCormick I.A., Stokes J.E. 2023. Stakeholder challenges and opportunities of GPS shock collars to achieve optimum welfare in a conservation or farm setting. *Animals* 13, 3084. <https://doi.org/10.3390/ani13193084>
- Mellor D.J., Beausoleil N.J., Littlewood K.E., McLean A.N., McGreevy P.D., Jones B., Wilkins C. 2020. The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals* 2020(10), <https://doi.org/10.3390/ani10101870>
- Nofence. 2024a. What is Nofence? <https://www.nofence.no/en/what-is-nofence>
- Nofence. 2024b. How do I get started? <https://www.nofence.no/en/faq>
- Palme R., Robia C., Baumgartner W., Möstl E. 2000. Transport stress in cattle as reflected by an increase in faecal cortisol metabolite concentrations. *Veterinary Record* 146(4):108-109. <https://doi.org/10.1136/vr.146.4.108>
- Polisky, R.H. 1994. Electronic shock collars: are they worth the risks? *Journal of the American Animal Hospital Association* 30(5):463-468. <https://www.dogexpert.com/wp-content/uploads/2012/05/Electronic-collars.pdf>
- RDA, 2018. Denkkader Dierenwelzijn. <https://www.rda.nl/publicaties/publicaties/2018/12/21-rda-denkkader/denkkader>

RDA, 2021. Dierwaardige veehouderij. <https://www.rda.nl/publicaties/zienswijzen/2021/11/18/zienswijze-dierwaardige-veehouderij>

Rijksoverheid. 2021. Per 1 januari verbod stroomstootapparatuur bij honden. <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/12/17/per-1-januari-verbod-stroomstootapparatuur-bij-honden#:~:text=Handhaving,in%20op%201%20januari%202022>

Rijksoverheid. 2023. Beleidskompasformulier voor internetconsultatie. https://www.internetconsultatie.nl/verbod_stroomstootapparatuur_dieren_veehouderij/document/11402

Sonne, C., A.K. Alstrup, C. Pertoldi, J. Frikke, A.C. Linder, and B. Styris have. 2022. Cortisol in Manure from Cattle Enclosed with Nofence Virtual Fencing. *Animals* 12(21), 3017. <https://doi.org/10.3390/ani12213017>

Staatsblad 361, 2021. Besluit van 14 juli 2021, houdende wijziging van het Besluit houders van dieren vanwege een aanpassing van het verbod op het gebruik van stroomstootapparatuur. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2021-361.pdf>

Taylor, K.D. 2010. Startle response. In *The Encyclopedia of Applied Animal Behaviour and Welfare*; Mills, D.S., Marchant-Forde, J.N., Eds.; CABI:Wallingford, Oxfordshire, UK, 2010; pp. 574–575. Geciteerd in: Verdon et al., 2020.

Umstatter, C. 2011. The evolution of virtual fences: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 75(1):10-22. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.10.005>

Verdon, M., C. Lee, D. Marini, and R. Rawnsley. 2020. Pre-Exposure to an Electrical Stimulus Primes Associative Pairing of Audio and Electrical Stimuli for Dairy Heifers in a Virtual Fencing Feed Attractant Trial. *Animals* 10(2). <https://doi.org/10.3390/ani10020217>

Verdon, M., A. Langworthy, and R. Rawnsley. 2021. Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. II: Effects on cow welfare and behavior. *Journal of Dairy Science* 104(6):7084-7094. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19797>

Verdon, M. 2023. Managing dairy cows with Halter virtual-fencing technology. Tasmanian Institute of Agriculture. Factsheet. https://www.utas.edu.au/_data/assets/pdf_file/0007/1675699/Factsheet-Managing-dairy-cows-with-Halter-virtual-fencing-technology-2023.pdf

Verkerk, G., Phipps, A., Carragher, J., Matthews, L., & Stelwagen, K. 1998. Characterization of Milk Cortisol Concentrations as a Measure of Short-Term Stress Responses in Lactating Dairy Cows. *Animal Welfare*, 7(1):77-86. <https://doi.org/10.1017/S0962728600020273>

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijssystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

