

Robuustheid

Ir. Douwe de Goede, Centrum voor Methodische Ethiek en Technologie Assessment



Ir. Douwe de Goede

Hoewel de term robuustheid steeds vaker wordt gebruikt om een 'niet-kwetsbare' staat van een systeem te omschrijven, blijft de precieze betekenis meestal onduidelijk. Robuustheid heeft betrekking op de relatieve kwetsbaarheid van een systeem in relatie tot een specifieke verstoring. Dit essay gaat in op de conceptualisering van robuustheid in de veehouderij en onderzoekt in hoeverre robuustheid kan bijdragen aan een zorgvuldige veehouderij. Drie verschillende robuustheidstoestanden en -strategieën worden gerelateerd aan één extern en twee interne aspecten van systeemkwetsbaarheid, namelijk blootstelling, weerstand en veerkracht. Dit essay beargumenteert dat robuustheid in de veehouderij als systeemeigenschap in enge zin gebruikt wordt op dierniveau in relatie tot dierenwelzijn en diergezondheid, en dat de robuustheidstrategie zich beperkt tot het dierlijke subsysteem en het sociale duurzaamheidsaspect.

3.3



Wat is robuustheid en wat hebben we er aan?

In verschillende vakgebieden, waaronder biologie [1], ecologie [2], technische en systeemwetenschappen [3], bedrijfseconometrie en besliskunde [4] speelt robuustheid een rol. De term wordt echter losjes gebruikt in diverse contexten, waardoor het moeilijk is een eenduidige betekenis te geven. Zo kan robuustheid verwijzen naar functionele betrouwbaarheid bij bekende en berekenbare verstoringen [5], of juist ten opzichte van het onvoorspelbare [6]. Robuustheid wordt zowel gerelateerd aan de reikwijdte van omstandigheden waarbinnen een bepaalde systeemstructuur zich kan handhaven, als aan de capaciteiten van een systeem om binnen vastgestelde omstandigheden een bepaalde functionele efficiëntie te behouden. Met name in de auto- en elektronica-industrie zijn grote successen geboekt met 'robuust ontwerpen', waarmee men streeft naar een staat waar technologie, product en proces minimaal gevoelig zijn voor variatie veroorzaakt door storingen [7].

In moderne landbouwsystemen wordt robuustheid steeds vaker als een oplossing voor een diversiteit aan (duurzaamheids)problemen gezien. Robuustheid wordt geassocieerd met productie onder suboptimale omstandigheden [8], behoud van productiepotentieel in wisselende omstandigheden [9], strategische besluitvorming in onzekere tijden [10], en het vermogen te herstellen na groeivertraging of andere verstoring [11]. Wetenschappelijke aandacht voor robuustheid zou ons bovendien in staat moeten stellen dieren te fokken die passen in een range van conventionele stalsystemen; dit om diergezondheid en dierenwelzijn te verbeteren, zonder dat dit ten koste gaat van dierlijke integriteit [12]. Al met al lijkt robuustheid een positieve bijdrage te kunnen leveren aan systeemspecifieke (duurzaamheids)

'In de landbouw is de kwetsbaarheid voor ongewenste omgevingsveranderingen een achilleshiel van technologiegestuurde intensieve productie-systemen gebleken'

problemen en maatschappelijke wensen, met name ter bescherming tegen externe verstoringen.

Robuustheid heeft dus betrekking op de relatieve kwetsbaarheid van een systeem in relatie tot een specifieke verstoring. In die zin verwijst het naar de conditie van beschikbare strategische opties om met een verstoring om te gaan. In de landbouw is de kwetsbaarheid voor ongewenste omgevingsveranderingen een achilleshiel van technologiegestuurde intensieve productiesystemen gebleken. Ten Napel, Bianchi en Bestman [13] hebben daarom gesuggereerd dat landbouwsystemen 'robuuster' moeten worden, waarbij we robuustheid moeten opvatten als het vermogen van een systeem om na een verstoring terug te keren naar de 'oorspronkelijke positie. Ik noem dit een herstelbenadering van robuustheid en laat zien dat ook andere benaderingen bestaan.

Al in de veertiger jaren van de vorige eeuw werden robuustere landbouwgewassen ontwikkeld. Doel was destijds uniforme groei om maximale productie onder wisselende weer- en bodemcondities te realiseren [14]. Tegenwoordig wordt robuustheid eerder gerelateerd aan genetische diversiteit en in de veehouderij aan diergezondheid en dierenwelzijn. Dit zijn na voedselveiligheid de belangrijkste kenmerken van het sociale duurzaamheidsaspect [15]. Tegelijkertijd groeit het besef dat robuustheid ook op hogere systeemniveaus een rol speelt. Maar wat is kwetsbaarheid eigenlijk en met welke specifieke verstoringen, duurzaamheidsproblemen en maatschappelijke wensen heeft de veehouderij te maken?

Aspecten van kwetsbaarheid en ideaalbeelden van onkwetsbaarheid

In dit essay onderscheid ik drie aspecten van kwetsbaarheid, namelijk de blootstelling van een systeem aan verstoringen, de weerstand van een systeem om een verstoring het hoofd te bieden en de veerkracht van een systeem om te herstellen na een verstoring. Hierbij meet de blootstelling de kwetsbaarheid van een systeem aan de relatie tussen een systeem en zijn omgeving, terwijl weerstand en veerkracht systeemeigenschappen zijn, waarover een systeem beschikt ongeacht de omgeving waarin het zich bevindt. Blootstelling wordt daarom wel gezien als de 'externe kant' van kwetsbaarheid. Voor de omgang met kwetsbaarheid is het van belang te begrijpen of deze als een systeemeigenschap of als een relationele eigenschap wordt ervaren.

Tabel 1 Robuustheidstoestanden tussen extremen van kwetsbaarheid en ideaalbeelden van onkwetsbaarheid.

Extreem kwetsbaar	Robuustheidstoestand	Idealbeeld onkwetsbaarheid	Strategie
S is nooit vrijgesteld van blootstelling aan V (relatief).	S is vrijgesteld van blootstelling aan V in daartoe ontworpen en gecontroleerde omgevingen.	S is altijd vrijgesteld van blootstelling aan V (relatief).	Vermijden
S heeft nooit voldoende resistentie om enige blootstelling aan V te weerstaan zonder schade.	S heeft voldoende resistentie om blootstelling aan V binnen 'normale bandbreedte' te weerstaan zonder verlies van structuur en/of functionaliteit.	S heeft altijd voldoende resistentie om onbeperkte blootstelling aan V te weerstaan zonder schade.	Weerstaan
S heeft nooit voldoende veerkracht om te herstellen van de schade toegebracht door blootstelling aan V.	S kan herstellen van het binnen de 'normale bandbreedte' toegebrachte tijdelijk verlies van structuur en/of functionaliteit door blootstelling aan V.	S heeft altijd voldoende veerkracht om te herstellen van de schade toegebracht door blootstelling aan V.	Herstellen

‘Onder robuustheidstrategieën versta ik vermijden, weerstaan en herstellen’

In tabel 1 (kolom 1) zijn drie extremen weergegeven, waarin systeem (S) in relatie met verstoring (V) kan verkeren. De tegenpolen van deze extremen van kwetsbaarheid zijn ideaalbeelden van onkwetsbaarheid (kolom 3).

Toestanden van robuustheid

Robuustheid is een toestand van relatieve onkwetsbaarheid van een systeem in relatie tot een specifieke verstoring. Dergelijke toestanden zijn relevant in relatie tot systemen die voortbestaan ondanks de aanwezigheid van verstoringen die het systeem in potentie structureel en/of functioneel kunnen beschadigen. Onder robuustheidstrategieën versta ik managementstrategieën die tot doel hebben een specifieke robuustheidstoestand van een systeem te versterken. Ik duid deze strategieën aan met: vermijden, weerstaan en herstellen. Deze robuustheidstrategieën zijn waarneembaar in talloze en zeer verschillende systemen. Denk bijvoorbeeld aan glastuinbouw, waarin men streeft naar een gesloten systeem met volledig geoptimaliseerde en gecontroleerde omstandigheden. Andere voorbeelden zijn pogingen de structurele verticale robuustheid van gebouwen te vergroten tegen bijvoorbeeld aardbevingen, maar ook het bepalen van vangstquota op basis van aangetoond herstelvermogen van vispopulaties. In deze robuustheidstrategieën is altijd sprake van een systeem (kas, gebouw, vispopulatie), een specifieke verstoring (fluctuaties, natuurgeweld, predatie) en een onderscheidend ideaalbeeld van onkwetsbaarheid (vermijden, weerstaan en (laten) herstellen). Ook voor robuustheidstrategieën in de veehouderij geldt dat zij betrekking hebben op een begrensd systeem en een specifieke verstoring, en primair gerelateerd zijn aan één van de drie robuustheidstoestanden uit tabel 1.

Robuustheid in de veehouderij; waarvan en waartegen?

Wetenschappelijke literatuur over robuustheid in de veehouderij beperkt zich vaak tot fysiologische, gedrag- en immuniteitskwaliteiten. Robuustheid wordt vooral geassocieerd met krachtige dieren, en beperking van de negatieve effecten van voortdurende selectie op productie. Uit beleidsstukken, waarin robuustheid als doel wordt omschreven, blijkt een duidelijke relatie met dierenwelzijn en diergezondheid [16, 17]. Robuustheid wordt dus vooral geconceptualiseerd op dierniveau, waar het verwijst naar het inherent vermogen van zelfregulering in omgevingen enerzijds, en de capaciteit aan te passen aan veranderende management en gezondheidstoestanden anderzijds [17-20]. In de veehouderij wordt robuustheid dus primair opgevat als een systeemeigenschap. Beheersing van de relationele eigenschap van systeem en omgeving samen, namelijk manipulatie en controle van de omgeving waarin dieren worden gehouden, is dan ook niet de gewenste weg. Robuustheidsstrategieën in de veehouderij richten zich daarentegen op versterking van de capaciteit om om te gaan met verstoringen. Opvallend is dat robuustheid daarbij zowel aan resistentie als aan herstellend vermogen wordt gerelateerd. Deze invulling doet denken aan wat bekend is als 'engineering resilience' [21], ofwel de hoeveelheid tijd die een systeem nodig heeft om een als normaal beschouwd functioneel efficiëntieniveau te herwinnen na een verstoring. Fokprogramma's die zich richten op dergelijke herstelkwaliteiten selecteren bijvoorbeeld op de herstelsnelheid van de energiebalans van zogende koeien, om deze zo snel mogelijk weer tochtig te krijgen [22]. Er zijn aanwijzingen dat dit herstellervermogen juist door selectie op hoge melkproductie is afgenomen. Het inzicht groeit dat systeemeigenschappen die nu als robuustheidkwaliteiten worden gezien, decennialang weinig aandacht hebben gekregen in fokprogramma's, waardoor ze beetje bij beetje zijn weggeselecteerd ten gunste van kwaliteitsvoorkeuren van consument en verwerkende industrie. Zo zijn onder andere genetische correlaties aangetoond tussen melkproductie en gevoeligheid voor mastitis [23] en tussen voedefficiëntie en omgevingsgevoeligheid [9]. Overigens zijn ook in andere systemen, zoals het internet, vergelijkbare trade offs aangetoond [24, 25]. In het algemeen neemt men aan dat fokcriteria moeten worden aangepast, maar de oplossingen voor deze trade offs zijn niet eenduidig. Dit geldt met name voor de vraag of fokcriteria gezocht moeten worden in aangepastheid aan specifieke omstandigheden (specialisme), of juist in het vermogen om aan te passen aan veranderende omstandigheden (generalisme). Kanis et al. [19] beredeneren dat dierenwelzijn gerelateerd is aan de onderhoudsbehoefte in een specifieke omgeving en concluderen op basis daarvan dat dierenwelzijn verbeterd moet worden door selectie op lage behoeften en hoge functionele



‘Realistischer is het te veronderstellen dat robuustheid op dierniveau een onderdeel is van een veel bredere maatschappelijke zorg’

efficiëntie. Op morele gronden hebben Star et al. [12] recentelijk gepleit voor het implementeren van robuustheid als fokdoel om zowel diergezondheid- als dierenwelzijnredenen, waarbij beiden worden gerelateerd aan het vermogen van dieren optimaal te functioneren in een range van conventionele productiesystemen. De EFSA beschreef robuustheid in 2009 als ‘the extent of the possibility for a population of animals to have the capacity in its gene pool to deal with a wide range of circumstances’, en riep op het verlies hiervan te beperken door de prioritering van fokcriteria grondig te herzien [26]. Recent onderzoek laat echter zien dat het vermogen aan te passen aanwisselende omstandigheden niet alleen genetisch bepaald is. Ook ‘early life experiences’ kunnen het aanpassingsvermogen op latere leeftijd vergroten en daarmee een positieve bijdrage leveren aan de versterking van robuustheid [27].

Robuustheid op verscheidene systeemniveaus

De robuustheidstrategie die zich ontvouwt op dierniveau richt zich (in tegenstelling tot een meer controlegerichte benadering) niet op het vermijden, maar op het kunnen omgaan met omgevingsveranderingen. Bedenk echter dat deze strategie zich beperkt tot het dierlijke subsysteem en het sociale duurzaamheidsaspect. Bovendien suggereert het benadrukken van de behoefte aan robuustere dieren dat de kwetsbaarheid van huidige veehouderijssystemen uitsluitend het gevolg is van ontoereikend zelfregulerend vermogen en gebrek aan aanpassingscapaciteit van gehouden dieren. Realistischer is het te veronderstellen dat de behoefte aan inherente robuustheid op dierniveau een onderdeel is van een veel bredere maatschappelijke zorg over de duurzaamheid van de Nederlandse veehouderij. Met robuustheid op dierniveau kan weliswaar tegemoet gekomen worden aan bepaalde kenmerken van de extern sociale dimensie van

duurzaamheid, zoals dierenwelzijn en diergezondheid, maar daarmee niet vanzelfsprekend aan het bovenliggend verlies van maatschappelijk draagvlak of bijvoorbeeld een de ecologische dimensie van duurzaamheid. Ross et al. [28] merken terecht op dat het bij het ontwerpen van een robuust systeem niet eens zozeer om de robuustheid gaat, als wel om het 'tevreden stellen van belangengroepen'. Een robuustheidsstrategie voor de veehouderij moet zich alleen daarom al niet beperken tot het dierlijke subsysteem. Een robuuste veehouderij staat namelijk voor de uitdaging te blijven voldoen aan dynamische verwachtingen van meerdere belanghebbenden; denk daarbij aan veehouders, slachterijen, verwerkende industrieën, consumenten en beleidsmakers. Naast dierenwelzijn en diergezondheid zijn dat bijvoorbeeld verwachtingen aan productie, efficiëntie en milieudruk. Bos, Groot Koerkamp en Groenestein [29] laten zien gelijktijdig aan een aantal van deze verwachtingen tegemoet te kunnen komen door bij de inrichting van systemen uit te gaan van een recursieve controlebenadering. Deze benadering stelt het aanpassingsvermogen en het natuurlijke gedrag van dieren in de veehouderij centraal. Daardoor beschouwen we dieren niet langer als manipuleerbare en te controleren elementen van het productiesysteem, maar als dieren die een rol van participant en vormgever krijgen toebedeeld. Het houderijsysteem vormt zich niet alleen naar het dierlijk gedrag, maar probeert hier ook optimaal gebruik van te maken door het als integraal element van het functioneren van het systeem mee te nemen in de inrichting. Externe controlemaatregelen, die gaandeweg werden aangewend om dieren naar het systeem te vormen, worden op die manier afgebouwd en vervangen door deels terug te fokken interne zelfredzaamheidskenmerken. Het robuuste dier is daarmee niet de oplossing, maar een schakel in een veelomvattende transitie naar duurzame en maatschappelijk geaccepteerde dierlijke productiesystemen. In recente projecten als 'Houden van Hennen', 'Varkansen' en 'Kracht van Koeien' (uitgaan van de kracht van koeien) zijn uitgangspunten van de recursieve controlebenadering uitgewerkt in 'houderijsystemen van de toekomst'.

Referenties

- 1 Wagner A., 2005. Robustness and evolvability in living systems. Princeton studies in complexity. Princeton, N.J [etc.]: Princeton University Press.
- 2 Walker B., et al., 2005. Robustness in ecosystems, in Robust Design : A Repertoire of Biological, Ecological, and Engineering Case Studies, E. Jen, Editor. Oxford University Press: New York. p. 173-189.
- 3 Frey D. et al., 2007. Part count and design of robust systems. Systems Engineering, 10(3): p. 203-221.
- 4 Roy B., 2010. Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue. European Journal of Operational Research, 200(3): p. 629-638.
- 5 Clausing D.P., 2004. Operating Window: An Engineering Measure for Robustness. Technometrics, 46(1): p. 25-29.
- 6 Doyle J.C. et al., 2005. Robustness and the Internet: Theoretical Foundations, in Robust Design: a repertoire of biological, ecological, and engineering case studies, E. Jen, Editor. Oxford University Press: Santa Fe Institute. p. 273-282.
- 7 Taguchi G., S. Chowdhury, S. Taguchi, 1999. Robust Engineering. New York: McGraw-Hill Companies. 241.
- 8 Sall S., D. Norman, A.M. Featherstone, 1998. Adaptability of improved rice varieties in senegal. Agricultural Systems, 57(1): p. 101-114.
- 9 Knap P.W., 2005. Breeding robust pigs. Australian journal of experimental agriculture, 45(7-8): p. 763-773.
- 10 Cittadini E.D. et al., 2008. Exploring options for farm-level strategic and tactical decision-making in fruit production systems of South Patagonia, Argentina. Agricultural Systems, 98(3): p. 189-198.
- 11 Lien G., J. Brian Hardaker, O. Flaten, 2007. Risk and economic sustainability of crop farming systems. Agricultural Systems, 94(2): p. 541-552.
- 12 Star L. et al., 2008. A plea to implement robustness into a breeding goal: poultry as an example. Journal of agricultural & environmental ethics, 21(2): p. 109.
- 13 Ten Napel J., F. Bianchi, M. Bestman, 2006. Utilising intrinsic robustness in agricultural production systems. TransForum working papers, no.1, Zoetermeer, p. 32-54.
- 14 Robinson T.J., C.M. Borrer, R.H. Myers, 2004. Robust Parameter Design: A Review. Quality and Reliability Engineering International, 20(1): p. 81-101.
- 15 Van Calster, K.J. et al., 2005. Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. Agriculture and Human Values, 22(1): p. 53-63.

- 16 LNV, Nationale agenda diergezondheid 2007-2015 voorkomen is beter dan genezen. 2007, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit: Den Haag. p. 60.
- 17 LNV, Nota Dierenwelzijn. 2007, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit: Den Haag. p. 52.
- 18 Kanis E. et al., 2005. Breeding for societally important traits in pigs. *Journal of Animal Science.*, 83(4): p. 948-957.
- 19 Kanis E. et al., 2004. Breeding for improved welfare in pigs: A conceptual framework and its use in practice. *Animal science*, 78(2): p. 315-329.
- 20 Klopčič M. et al., 2009. Breeding for robustness in cattle. Vol. EAAP publication;no. 126. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- 21 Holling C.S., G.K. Meffe, 1996. Command and Control and the Pathology of Natural Resource Management. *Conservation Biology*, 10(2): p. 328-337.
- 22 Pollott G.E., M.P. Coffey, 2009. The link between energy balance and fertility in dairy cows, in Breeding for robustness in cattle, M. Klopčič, et al., Editors. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. p. 207-218.
- 23 Simianer H., H. Solbu, L.R. Schaeffer, 1991. Estimated Genetic Correlations Between Disease and Yield Traits in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 74(12): p. 4358-4365.
- 24 Csete M.E., J.C. Doyle, 2002. Reverse Engineering of Biological Complexity. *Science*, 295(5560): p. 1664-1669.
- 25 Willinger W., J.C. Doyle, 2005. Robustness and the internet: Design and evolution, in *Robust Design : A Repertoire of Biological, Ecological, and Engineering Case Studies*, E. Jen, Editor. Oxford University Press: Santa Fe Institute. p. 231-271.
- 26 EFSA, 2009. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from European Commission on the overall effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. *The EFSA Journal* 1143, 1-38.
- 27 Walstra I. et al., 2010. Early life experiences affect the adaptive capacity of rearing hens during infectious challenges. *animal*, First View: p. 1-9.
- 28 Ross A.M., D.H. Rhodes, D.E. Hastings, 2008. Defining changeability: Reconciling flexibility, adaptability, scalability, modifiability, and robustness for maintaining system lifecycle value. *Systems Engineering*, 11(3): p. 246-262.
- 29 Bos B., P.W.G. Groot Koerkamp, K. Groenestein, 2003. A novel design approach for livestock housing based on recursive control—with examples to reduce environmental pollution. *Livestock Production Science*, 84(2): p. 157-170.