

Beiträge des Futterbaus zu resilienten Agrarsystemen

F. TAUBE

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung / Abteilung Grünland und
Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel

ftaube@gfo.uni-kiel.de

Begriffsbestimmung

Der Begriff der Resilienz ist in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen eingeführt und wissenschaftliche Publikationen mit diesem Term haben Hochkonjunktur (siehe Abbildung 1). ‚Resilienz‘ lateinisch ‚resilliere‘ bedeutet ursprünglich zurückspringen/ zurückprallen/ zurückholen (Alexander, 2013). In der Wissenschaft wurde der Begriff laut Vogt (2015) erstmals in der Mechanik bzw. den Materialwissenschaften in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erwähnt, um die Eigenschaft eines Körpers/ Materials zu beschreiben, eine bestimmte Krafteinwirkung von außen zu absorbieren, bzw. darauf mit einer Verformung eines Körpers nach Einwirkung einer Kraft zu reagieren, um danach wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren. In den 1950er Jahren wurde der Begriff in die Psychologie eingeführt und 1973 durch Holling in die Systemökologie, wobei er die Anpassungsfähigkeit pflanzlicher Organismen gegen Trockenstress in ariden Gebieten als Modell nutzte. Konkret sind es unterschiedliche Zustände, in die das System springt, um sich den Lebensbedingungen anzupassen (z.B. Keimung der Samen bei Niederschlägen, Dormanz der Samen bei Trockenheit über lange Zeiträume) und so eine hohe Resistenz gegen scheinbar lebensfeindliche Umstände zu ermöglichen. Evolutionsbiologisch interpretiert, zielt das Konzept der Resilienz auf eine Abgrenzung gegen Gleichgewichtsmodelle. Leben auf der Erde hat sich von Katastrophe zu Katastrophe entwickelt. Gäbe es einen stabilen Gleichgewichtspunkt, würde die Dynamik zur Höherentwicklung bzw. zur Sukzession fehlen (Sieferle, 1997, zitiert von Vogt, 2015). Das spricht systematisch bzw. begriffsgeschichtlich gegen eine primär konservative, auf den *Status quo* und seine Erhaltung bezogene Interpretation. Folcke et al. (2010) leiten daraus für Ökologisch-Soziale Systeme ab, dass Transformation auf niedriger Skalenebene notwendig ist, um Resilienz auf höherer Ebene zu gewährleisten.

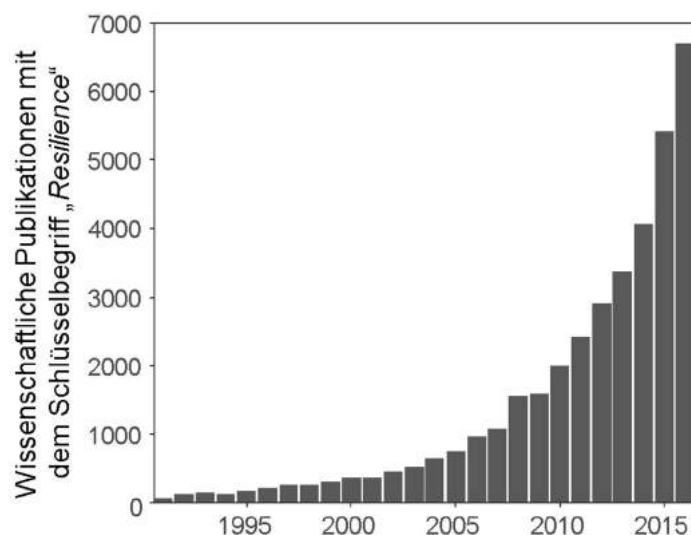


Abb. 1. Wissenschaftliche Publikationen mit dem Schlüsselbegriff „Resilience“

In der Kybernetik ist der entscheidende Begriff für die Resilienzfrage die „Rückkopplung“: Systeme mit negativer Rückkopplung können Störungen ausgleichen, kehren wieder zu ihrem stabilen Zustand zurück und pendeln um den Gleichgewichtspunkt. Systeme mit positiven Rückkopplungen verstärken Störungen und können so leicht in einen anderen

Systemzustand übergehen. Wird ein bestimmter Schwellenwert (*threshold*) überschritten, ist der Übergang zu einem anderen Ordnungsmuster nicht mehr aufzuhalten (relevant derzeit auch in der Klimaforschung: Kipppunkte ‚*tipping points*‘). Resilienz nach diesem Ansatz wird auch durch das ‚*planetary boundary concept (PBC)*‘ (Rockström *et al.*, 2009; Steffens *et al.*, 2015) umgesetzt. Auf Basis der kritischen Parameter CO₂ und Klimawandel, Nitrateinträge in die Hydro- und Atmosphäre, Biodiversität, Versauerung etc. werden Schwellen definiert, jenseits derer die Systemdynamik instabil wird. Ziel der PBC-Forschung ist die Definition eines sozioökologischen Koevolutionsraums, der auch soziale Faktoren berücksichtigt, z.B. Mindeststandards an Wasser- und Lebensmittelversorgung. Am Ende ergeben sich so Diagramme für einen ‚*safe just operating space*‘ für die Entwicklung der Gesellschaft (Vogt, 2015).

Aus insgesamt 9 Kategorien der *planetary boundaries* ist es vor allem der Komplex der Biodiversität und sind es damit Fragen der Landnutzung (einschließlich der Abholzung der Regenwälder), der biochemischen Stoffflüsse, insbesondere Nitrat und Phosphor (wegen ihrer Auswirkungen auf den Wasserhaushalt) und CO₂ (wegen seiner Klimarelevanz), die die Resilienz des modernen Zivilisationssystems in sozialökologischer Hinsicht gefährden. Demnach kommt dem Bereich Landwirtschaft und damit auch der Boden- und Wassernutzung höchste Dringlichkeit zu (Vogt, 2015).

Ökonomisch gesehen ist Resilienz in gewisser Weise ein Gegenbegriff zu Effizienz (vgl. Renn, 2014). Es geht um das Vorhalten von Reserven und Spielräumen, um im Fall von Störungen robuster reagieren zu können. Systeme, die einseitig Effizienz optimieren, werden oft störanfällig. Resilienz ist Störungstoleranz, bedeutet also implizit Vorsorge und Risikovermeidung. In jüngerer Zeit haben u.a. Darnhofer (2015) und Hess (2017) den Begriff auch im agrarwissenschaftlichen Kontext von Risikomanagement für ein langfristig adaptives Betriebsmanagement im Sinne einer ökonomischen Resilienz angewandt. Mit anderen Worten: der Begriff Resilienz ist inzwischen in der Wissenschaft ubiquitär gebräuchlich, wobei es eine dezidierte allgemein gültige bzw. allgemein anerkannte Definition nicht zu geben scheint. Zwar besteht Einigkeit darüber, dass Resilienz die drei Komponenten der Pufferfähigkeit, der Anpassungsfähigkeit und der Transformationsfähigkeit beschreibt, die Wertung und das Ziel diese einzelnen Komponenten betreffend bleibt jedoch vergleichsweise vage.

Die Abgrenzung zwischen Resilienz und Nachhaltigkeit

Das ethisch-politische Leitbild der Nachhaltigkeit ist umfassender und stärker normativ orientiert mit der Zieldefinition der globalen und intergenerationellen Gerechtigkeit (vgl. Schaffer, 2014). Resilienz ist nach Vogt (2015) ein Teilaspekt der Nachhaltigkeit. Sie geht nicht von wünschenswerten Zielen aus, sondern von der Prozessgestaltung. Die Ziele werden dabei nicht dezidiert bestimmt, sondern lediglich formal durch Selbsterhaltung, Anpassung und Wandel umschrieben. Resilienz modelliert somit komplexe Systemabläufe und folgt anderen Ansätzen als Nachhaltigkeit: Nicht wünschenswerten Zielen, sondern möglichen Gefährdungen. Statt von utopischen Versprechen einer ökologisch tragfähigen, sozial gerechten und wirtschaftlich effizienten Entwicklung auszugehen, versuchen Resilienzkonzepte Eigenschaften und Prozesse zu identifizieren, die robuste Anpassung und Entwicklung auch unter widrigen Bedingungen ermöglichen.

Grundsätzliche Überlegungen zur Anwendung des Resilienzkonzeptes für pflanzenbauliche Systeme

Auf Basis der obigen Ausführungen stellt sich die Frage, wie ein Resilienzkonzept in der landwirtschaftlichen Bodennutzung/ im Pflanzenbau Anwendung finden kann. Bei Eingabe der gemeinsamen *Keywords resilience – ecology – agriculture* bei google erscheinen in mehr als 80% der Fälle auch die Begriffe *sustainability* und *organic farming*, zumeist in Verbindung mit Autorenschaften aus Institutionen der Zivilgesellschaft; der Begriff Resilienz ist somit in den letzten 10-15 Jahren gleichermaßen populärwissenschaftlich und politisch

insbesondere seitens der NGO's synonym mit den Begriffen Ökologischer Landbau und Nachhaltigkeit verortet worden.

In der wissenschaftlichen Literatur zur ‚ökologischen Resilienzforschung‘ terrestrischer Ökosysteme kommt dem Grasland eine dominierende Rolle zu, wobei zumeist die Anpassungsfähigkeit bestimmter Pflanzengesellschaften an Witterungsextreme bzw. Klimawandel im Mittelpunkt steht und die funktionelle Diversität als Anpassungsmechanismus identifiziert wird (vgl. Hoover *et al.*, 2014). Im Gegensatz zu den oben ausgeführten grundsätzlich nicht wertenden und nicht gleichgewichts-orientierten Ansätzen einer Operationalisierung des Resilienzterms sind diese Arbeiten in der Graslandforschung, insbesondere im Falle von semi-natural grasslands/ rangelands, in aller Regel von dem Ziel geprägt, die Pufferkapazität solcher Systeme zu erfassen und die Adaptationsmechanismen im Sinne negativer Rückkopplungen hin zu einem ursprünglichen Gleichgewichtszustand zu quantifizieren. Es ist vor diesem Hintergrund kein Zufall, dass Elmqvist *et al.* (2003) für die grafische Darstellung des Resilienzprinzips von Ökosystemen u.a. Steppengrasland als Modell nutzt (Abb. 2).

Resilience and multiple states

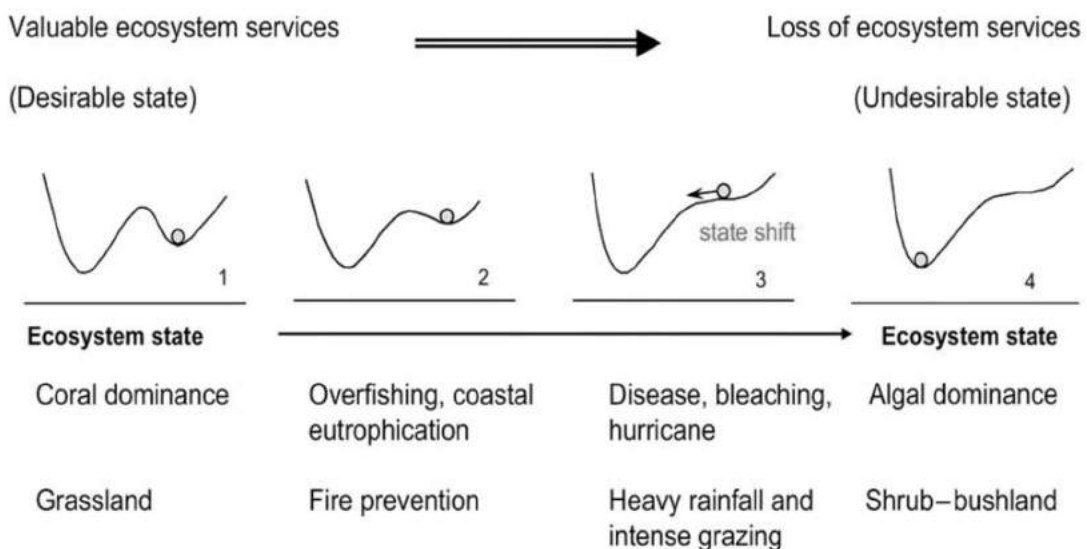


Abb. 2: Veränderungen von einem erwünschten Ökosystemstatus (1-links) zu einem unerwünschten (4-rechts) durch anthropogene Einflüsse (2-Ursachen; 3-Auslöser 'trigger') an den Beispielen Korallenriff (oben) und natürliches Grasland (unten) (Elmqvist *et al.* (2003) verändert nach Deutsch *et al.* (2003))

Die Erfassung und Bewertung funktioneller Diversität als zentrales Element der Resilienz, die funktionale Merkmale über Komplementarität, Nischenfunktionen, Evennesskoeffizienten in Graslandökosystemen zur gleichen Zeit auf der gleichen Fläche adressiert, wird in der Literatur zum Ackerbau sehr häufig über Steigerung der Kulturartendiversität im Rahmen von Fruchtfolgen adressiert (vgl. Lin, 2011) oder über Kulturartendiversität auf Landschaftsebene (Reidsma und Ewert, 2008). Allerdings geschieht dies auch hier vornehmlich unter Umweltbedingungen, die Maximalerträge aufgrund von Wassermangel oder limitierten Temperatursummen nicht zulassen. Womit die Frage nach der Resilienz ‚von was für was‘? (Carpenter *et al.*, 2001) offensichtlich wird. Die Erfassung und Bewertung der Resilienz von Anbausystemen im Pflanzenbau ist somit stets kontextgebunden und ist unter wasserlimitierten Bedingungen in Australien z.B. im Sinne von Klimaresilienz anders zu adressieren als in Hohertragsregionen des Ackerbaus in Europa.

Sind die aktuellen Pflanzenbausysteme Norddeutschlands resilient?

Einhergehend mit der zunehmenden Betriebsspezialisierung in den vergangenen drei Jahrzehnten sind auch die Pflanzenbausysteme erheblich vereinfacht worden und damit ist die (sequenzielle) funktionale Diversität in Form vielfältiger Kulturarten in der Fruchtfolge auf dem Acker eingeschränkt worden, ebenso wie die Diversität der Grünlandbewirtschaftungsverfahren einer dominierend monotonen intensiven Schnittnutzung zugeführt worden ist. Die räumliche Anordnung der Systeme wird maßgeblich davon bestimmt, ob die Boden- und Klimaverhältnisse für intensiven Ackerbau mit anspruchsvollen Hochleistungskulturen ausreichen oder nicht. Dort, wo dies der Fall ist, wurden über mehrere Jahrzehnte hinweg Wintergetreide dominierte Fruchtfolgen mit Raps hin zu Raps-Weizen-Weizen Fruchtfolgen weiterentwickelt, dort, wo dies nicht der Fall ist, dominiert in Verbindung mit der Tierhaltung der Mais auf dem Acker. In beiden Fällen darf die berechnete Frage gestellt werden, ob ausreichende Rückkopplungsmechanismen die Pufferfähigkeit dieser Systeme gegen biotischen wie abiotischen Stress sicherstellen. Mais in langjähriger Selbstfolge hat schon vor vielen Jahren Probleme mit Herbizidresistenzen (Hirschen) zur Folge gehabt inzwischen gefolgt von Fusarien und Schädlingskalamitäten und ähnliches ist derzeit mit der Ackerfuchsschwanzproblematik in Ackerbauregionen zu beobachten. Mit anderen Worten: es ist die Frage zu stellen, ob nicht im Sinne der Resilienz, und dabei vor der Pufferfähigkeit der Anbausysteme gegen abiotischen und biotischen Stress, zukünftig andere Anbausysteme zu fordern sind und das heißt in der Konsequenz zurück zu (virtuellen) Gemischtbetriebsansätzen mit Futterbau und Marktfruchtbau.

Die Ursachen, die diese Anpassung notwendig machen, sind vielfältig:

Klimawandel

Durch Klimawandel induzierte Extremwetterlagen machen die Planung und Umsetzung produktionstechnischer Maßnahmen zur Erreichung maximaler Erträge zunehmend unsicher. Unter Unsicherheit und Risiko erscheinen somit Ansätze ökonomisch superior, die stärker in Kostenminimierung und Ertragssicherheit denn in Ertragsmaximierung investieren. Klimawandel - Mitigationsziele werden aber auch dafür sorgen, dass die Intensivlandwirtschaft gewisse Landschaftsräume (Moore) räumen müssen, um die Klimaschutzziele der EU getrieben durch das Konzept der ‚planetary boundaries‘ zu erreichen (Albrecht et al., 2017).

Ökonomische Resilienz

Anhaltend niedrige Weltmarktpreise für Agrarrohstoffe legen den Schluss nahe, dass eine hoch entwickelte Nation wie Deutschland mit hohen Arbeits- und Flächenkosten auf den Welt- wie auf den EU-Märkten nur mit immer weiter veredelten Produkten langfristig bestehen können. Daraus resultiert, dass die Tierhaltung in Kombination mit dem nachgeordneten Veredelungssektor eine eher noch zunehmende Rolle spielen könnte. Da jedoch die Zentren der Tierhaltung die Kapazitätsgrenze vielfach nicht nur erreicht, sondern bereits überschritten haben (Nährstoffbericht für Niedersachsen 2016/2017), kann eine solche Ausdehnung nur in Ackerbauregionen hinein verfolgen – in Ackerbauregionen, die mit alleinigem Marktfruchtbau wie oben beschrieben ebenfalls eine Grenze der Pufferfähigkeit der Systeme erreicht haben – ökonomisch wie ökologisch.

Agrarumweltgesetzgebung der EU – Defizite N/P-Salden; Pflanzenschutz

Die Standards guter fachlicher Praxis der Düngung und des Pflanzenschutzes werden mit den gegebenen Spezialisierungen nicht umfänglich ausreichend erfüllt. Marktfruchtbau in Kombination mit Tierhaltung und Futterbau ist in der Lage deutlich erhöhte Nährstoffnutzungseffizienzen zu realisieren, weil insbesondere die Futtergräser über die hohen Mengen an Wurzelmasse und an Wurzellängendichte die Rezyklierung der Nährstoffe im System Boden-Pflanze-Tier gewährleisten und Verluste in die Umwelt so minimieren (Loges et al., 2018). Zudem führen Ley-Systeme mit 2-3jährigem Gras- bzw. Leguminosen-

Grasanbau zu einer erheblichen Einsparung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes aufgrund der Unterdrückung unerwünschter Unkräuter und der Unterbrechung des Infektionszyklus verschiedenster Krankheitserreger betreffend.

Gesellschaftliche Erwartungen an Gemeinwohlleistungen der Landwirtschaft

Die oben genannten Gründe sind gleichzeitig Teil gesellschaftlicher Präferenzen, die auch die Komplexe Tierwohl und Biodiversität betreffen (Spiller et al., 2015). Vor diesem Hintergrund sind in der Milchviehhaltung auf weidefähigen Standorten ganzjährige Stallhaltungssysteme zu hinterfragen und Weidenutzungssysteme zur Milcherzeugung hinsichtlich ihrer Ökoeffizienz zu testen mit der Hypothese, dass die Maximierung der Milcherzeugung aus Gras/Kleegrass mit geringeren footprints ausgestattet ist und dass solche Daten in dem System einer Gemeinwohlprämie (Neumann et al., 2017) auch eine positive ökonomische Rückkopplung über die Agrarpolitik erfahren können.

Dieser Faktorenkomplex hat die Kieler Gruppe bewogen, das Projekt ‚Ökoeffiziente Weidemilcherzeugung Lindhof‘ zu etablieren (siehe Loges et al, im ersten Teil dieses Bandes – Internationale Weidetagung).

Im Vortrag werden die oben angeführten Charakteristika von Resilienz (Pufferung; Anpassung; Transformation) an ausgewählten Beispielen hergeleitet, Auslöser („trigger“) in Richtung Transformation identifiziert, negative wie positive Rückkopplungen verdeutlicht und Messgrößen zur Ableitung von ‚Kippunkten‘ („tipping points“) diskutiert. Schließlich wird die Resilienz ausgewählter high input - high output Anbausysteme in Deutschland im Lichte des ‚planetary boundary concepts‘ diskutiert und schließlich werden beispielhaft resiliente Anbausysteme skizziert, die gleichermaßen die Ökosystemdienstleistungen der Produktion von Gütern wie der Bereitstellung weiterer ökologischer Dienstleistungen adressieren.

Literatur

- ALEXANDER, D. E. (2013): Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2707-2716, 10.5194/nhess-13-2707-2013
- ALBRECHT, E., REINSCH, T., POYDA, A., TAUBE, F. & HENNING, C. (2017): Klimaschutz durch Wiedervernässung von Niedermoorböden: Wohlfahrtseffekte am Beispiel der Eider-Treene-Region in Schleswig-Holstein. *Berichte über Landwirtschaft*, 95 10.12767/buel.v95i3.178 (pdf)
- CARPENTER, S., WALKER, B., ANDERIES, J. & ABEL N. (2001): From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4, 765. 10.1007/s10021-001-0045-9
- DARNHOFER I. (2014): Resilience and why it matters for farm management. *Eur Rev Agric Econ* 41, 461-484. 10.1093/erae/jbu012
- DEUTSCH L, FOLKE C. & SKANBERG K. (2003): The critical natural capital of ecosystem performance as insurance for human well-being. *Ecol Econ* 44: 205–217. 10.1016/S0921-8009(02)00274-4
- ELMQVIST, T., FOLKE, C., NYSTRÖM, M., PETERSON, G., BENGTSSON, J., WALKER, B. & NORBERG, J. (2003): Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Front. Ecol. Environ.* 1, 488-494. 10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.0.CO;2
- FOLCKE, C. ET AL. (2010): Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *E&S* 15 (4)
- HESS, S. (2017): Die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe in Zeiten volatiler Märkte. 67. Öffentliche Hochschultagung der Universität Kiel. 02.02.2017 (im Druck)
- HOOVER, D. L., KNAPP, A. K. & SMITH, M. D. (2014): Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes. *Ecology*, 95: 2646–2656. 10.1890/13-2186.1
- LIN B. (2011): Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 6 183-193. 10.1525/bio.2011.61.3.4
- LOGES, R., BUNNE, I., REINSCH, T., MALISCH, CS, KLUß, C., HERRMANN, A. & TAUBE, F. (2018): Forage production in rotational systems generates similar yields compared to maize monocultures but improves soil carbon stocks. *European Journal of Agronomy*. 97, 11-19 10.1016/j.eja.2018.04.010

Nährstoffbericht für Niedersachsen 2016/2017. Stand: März 2018. LWK Niedersachsen

NEUMANN, H. DIERKING, U. & TAUBE, F. (2017): Erprobung und Evaluierung eines neuen Verfahrens für die Bewertung und finanzielle Honorierung der Biodiversitäts-, Klima- und Wasserschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe („Gemeinwohlprämie“). Berichte über Landwirtschaft, Band 95, Ausgabe 3, Dezember 2017 ISSN 2196-5099. Doi: <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v95i3.174.g378>.

REIDSMA, P. & EWERT, F. (2008): Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change. *Ecology and Society* 13, 38. www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art38/

RENN, O. (2014): Das Risikoparadox, 2. Auflage, Frankfurt a. M., 502-508

Rockström, J. *et al.* (2009): A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–500. [10.1038/461472a](https://doi.org/10.1038/461472a)

SIEFERLE, R.P. (1997): Rückblick auf die Natur. Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. Luchterhand, München, 233. ISBN 3-630-87993-4

SPILLER, A., GAULY, M., BALMANN, I., BAUHUS, J., BIRNER, R., BOKELMANN, W., CHRISTEN, O., ENTENMANN, S., GRETHE, H., KNIERIM, U., LATACZ-LOHMANN, U., MATINEZ, J., NIEBERG, H., QAIM, M., TAUBE, F., TENHAGEN, B.A. & WEINGARTEN, P. (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Berichte über Landwirtschaft. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Sonderheft 221. doi.org/10.12767/buel.v0i221.82. eISSN 2196-5099.

STEFFEN, W. *ET AL.* (2015): Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 6223. [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855).

VOGT, M. (2015): Zauberwort Resilienz. Einführung zur Tagung „Zauberwort Resilienz. Was stärkt in Zeiten des radikalen Wandel?“. Tutzing, 27.2. - 1.3.2015.

<http://www.forchange.de/assets/archiv/dokumente/Tagung-Tutzing/Vogt-Tutzing-150227.pdf>