



Räume des Experimentierens: Die Einführung von Sprühdrohnen in der digitalen Landwirtschaft

Dennis Pauschinger and Francisco Klauser

Institut de Géographie, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Switzerland

Correspondence: Dennis Pauschinger (dennis.pauschinger@unine.ch)

Received: 11 December 2019 – Revised: 3 June 2020 – Accepted: 10 August 2020 – Published: 14 October 2020

Kurzfassung. This article investigates how new digital technologies are established in agriculture. It does so by drawing upon empirical data from a qualitative case study with a Swiss based but internationally operating start-up that has recently obtained the first authorisation to spray crop protection products on vineyards and fruit plantations with their home-made drone. Conceptually the article takes inspiration in Actor-Network-Theory (ANT) and challenges common understandings of overly urban centred approaches of how new technologies find entry in public policies. The authors argue that instead of seeing a straightforward process of implementing the new drone technology, there has been a joint-effort between the private company and federal institutions to experiment, improve and regulate the functioning of the sprayer drone. A process that is, so is argued, heavily marked by knowledge transfers and formalisations of new private-public alliances, that have been channelled through three particular spatial categories, relating to policy experiments, socio-technical experiments and strategic experiments.

1 Einleitung

Im März 2020 gab das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) in einer Pressemitteilung bekannt, dass in der Schweiz ein innovatives und vereinfachtes Bewilligungsverfahren für Sprühdrohnen etabliert wurde. Dem Bewilligungsverfahren ging eine lange Serie von Experimenten voraus, bei denen sowohl private Unternehmen als auch verschiedene Bundesbehörden involviert waren. Das Versprühen von Flüssigkeiten aus der Luft ist normalerweise an strenge Auflagen gekoppelt und zieht ein langwieriges Bewilligungsverfahren mit sich. Sprühdrohnen jedoch, die bestimmte Voraussetzungen erfüllen, können mit dem neuen Verfahren als Bodenapplikationen eingestuft werden. Somit obliegen sie nicht mehr den gleichen Reglementierungen, wie sie beispielsweise Hubschrauber für die Ausbringung von Pestiziden aus der Luft erfüllen müssen (BAZL, 2020).

Der vorliegende Artikel analysiert die Entstehung dieser juristischen Sonderbehandlung, respektive die damit verbundene Einführung von Sprühdrohnen in der Schweizer Landwirtschaft, aus der Perspektive von AgroDrone¹, dem ers-

ten privaten Unternehmen in der Schweiz mit einer Bewilligung zur Produktapplikation per Sprühdrohne. Basierend auf den empirischen Resultaten zweier vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützter Projekte („Power and Space in the Drone Age“ und „Big Data in Agriculture: The Making of Smart Farms“) wird dabei kritisch untersucht, welche Formen und Räume des Experimentierens und der Zusammenarbeit auf diese Prozesse einwirkten und welche privaten und öffentlichen Interessen dabei berücksichtigt wurden.

Diese Analyse reiht sich in die rasch wachsende Forschung zur Digitalisierung der Landwirtschaft ein (Klerkx et al., 2019; Rotz et al., 2019; Dodge, 2018; Bronson und Knezevic, 2016). Die Literatur beschreibt sogenannte „smarte“ (Bertschi, 2018; Vate-U-Lan et al., 2016) und mit „Big

Fliesstextes zu vermeiden. Wir haben uns für diesen Namen entschieden, weil zahlreiche Mitarbeiter um den Firmengründer des Start-Ups, mit dem wir unsere Fallstudie angefangen haben, inzwischen eine neue Firma gegründet haben (Aero41) und die alte noch immer existiert (AgroFly). Dies hatte zur Folge, dass nun zwei verschiedene Unternehmen mit einer eigens entwickelten Sprühdrohne in der Schweiz arbeiten. Wir haben unsere weiteren Untersuchungen nach der Trennung hauptsächlich mit der neu gegründeten Firma weitergeführt.

¹„AgroDrone“ ist ein von uns ausgewählter fiktiver Name, um Interessenskonflikte und komplizierte Namensspiele innerhalb des

Data“ (Protopop und Shanoyan, 2016) ausgestattete Landwirtschaftsbetriebe als softwaregesteuerte Systeme von Verbindungen, Prozessen und Datenströmen, die auf sorgfältig orchestrierten Techniken der Sammlung, der Analyse und des Transfers von Daten basieren (Carolan, 2018a; Ribarics, 2016).

Dabei gibt es unterschiedliche Ansätze, die Bedeutung des Smart Farming einzuschätzen. Auf der einen Seite finden sich zahlreiche Veröffentlichungen, welche die Vorteile digitaler Technologien zur Effizienzsteigerung und Risikominimierung in der Landwirtschaft unterstreichen (Jullien und Huet, 2005; Bongiovanni und Lowenberg-Debowe, 2004). Auf der anderen Seite werden verschiedene Risiken und Probleme der Digitalisierung hervorgehoben, wie zum Beispiel die Abnahme landwirtschaftlicher Arbeitsplätze (Van Es und Woodard, 2017), die steigende Ungleichheit zwischen digitalisierten und nicht-digitalisierten Betrieben (Fraser, 2019), die fehlende Nachhaltigkeit digitaler Lösungen (Walter et al., 2017) oder die zunehmende Kontrolle und Macht von Hightechunternehmen (Carolan, 2018b, c). Andere Arbeiten wiederum untersuchen die Problematik des Dateneigentums (Dürr et al., 2005), der Datensicherheit (Wolfert et al., 2017) sowie des Datenschutzes (Bronson und Knezevic, 2016) respektive die Rolle softwaregestützter Programme zur Steuerung landwirtschaftlicher Praktiken und Prozesse. Dabei ist die Frage zentral, wie und von wem die Fülle an Daten in eine Software übertragen wird beziehungsweise wer diese reguliert und kontrolliert (Lyon, 2007:100). Dies impliziert, dass „intelligente“ Technologien in der Landwirtschaft schon in ihrer Entstehung von bestehenden Machtverhältnissen und Interessen geprägt sind (Kitchin und Dodge, 2011; Graham, 2005; Thrift und French, 2002). Diese Problematik beschäftigt auch ForscherInnen, welche das veränderte Verhältnis von Mensch und Maschine, bedingt durch den steigenden Einsatz neuer Digitaltechnologien in der Landwirtschaft, untersuchen (Fortané und Keck, 2015). Dies übt wiederum einen Einfluss auf die technisch-organisatorischen Herausforderungen der Landwirtschaft aus (Kshetri, 2014) und tangiert Identitätsfragen im landwirtschaftlichen Sektor (Bolman, 2016).

Innerhalb der Literatur zu Smart Farming werden Drohnen oft als eine Schlüsseltechnologie eingeschätzt, die einen festen Bestandteil der digitalisierten Landwirtschaft ausmacht und den Sektor ökologisch und ökonomisch weiterbringen soll (Puri et al., 2017). Gerade Beiträge zu den technologischen Aspekten von Drohnen und zum Potential der Technologie, die Präzision und damit die Produktivität in der Landwirtschaft zu erhöhen, sind zahlreich (Mogili und Deepak, 2018; Bolman, 2016:129). Auch hier findet sich Literatur, welche Drohnen als symptomatisch für die steigende Technologieabhängigkeit und Vereinheitlichung landwirtschaftlicher Prozesse betrachtet (Bolman, 2016).

Nur wenige Studien beschäftigen sich jedoch empirisch mit der Frage, wie Drohnen in die Landwirtschaft integriert werden (Michels et al., 2020; Frankelius et al., 2019;

Freeman und Freeland, 2014, 2015), und noch weniger AutorInnen betrachten die Prozesse der Einführung und Etablierung von Drohnen als neue Agrartechnologie. Genau diesen spezifischen Prozessen widmet sich der vorliegende Artikel und leistet damit einen Beitrag zur breiteren Diskussion der Entwicklungstendenzen in der digitalisierten Landwirtschaft: Welche Interessen und AkteurInnen stehen hinter dem Bestreben, digitale Technologien in der Landwirtschaft einzubringen? Wer hat Einfluss auf die Kontrolle zukünftiger landwirtschaftlicher Prozesse und welche Arten der Zusammenarbeit und Formen der Abhängigkeiten entstehen dabei?

2 Theoretisch-konzeptueller Rahmen

Der vorliegende Artikel bettet sich in die theoretische Denkschule der Actor-Network-Theory (ANT) ein (z. B. Callon und Law, 1997; Latour, 1987). Diese betrachtet spezifische Technologien als sozio-technische Systeme, die aus dem Zusammenspiel unterschiedlicher menschlicher (*human*) und nicht-menschlicher (*non-human*) Einheiten resultieren. Die ANT untersucht dabei diejenigen Prozesse und Interaktionen, welche diese sozio-technischen Kompositionen produzieren (Latour, 2005).

Unsere Studie orientiert sich insbesondere an Literatur, die sich auf Mikroräume konzentriert, in denen sozio-technische Assemblagen geschaffen und verfestigt werden (McCann, 2011; McCann und Ward, 2010). Diese Literatur betont, wenngleich fast ausschliesslich auf städtische Räume bezogen (Shearmur, 2017), dass Innovation und Entwicklung räumlich artikuliert und organisiert sind, respektive, dass die Räume, in denen erfunden, getestet, verfeinert und reproduziert wird, ihrerseits auf die Praktiken und Prozesse einwirken. Analog dazu wird im vorliegenden Artikel danach gefragt, welche spezifischen Räume – und welche darin verankerten Praktiken und Interaktionen – die Entwicklung und Regulierung von Sprühdrohnen in der Schweiz geprägt und vorangetrieben haben.

Von spezieller Bedeutung ist diesbezüglich die Arbeit von Bulkeley und Castán Broto (2013:363). Die Autorinnen zeigen am Beispiel der Klimapolitik auf, dass spezifische stadtpolitische Projekte und Innovationen als „Experimente“ zu verstehen und zu untersuchen sind. Stadtpolitische Projekte als Experimente sind laut den Autorinnen räumlich verankerte Versuche, Innovation voranzutreiben und zu erlernen und dadurch Erfahrung zu gewinnen (Bulkeley und Castán Broto, 2013:367). Die Ausführungen der beiden Autorinnen sind für unsere Analyse aus zwei Gründen von grosser Bedeutung. Erstens gehen sie davon aus, dass sich neue Technologien nicht durch gradlinige Prozesse etablieren, sondern durch ständiges Experimentieren – im Zusammenspiel verschiedener privater und öffentlicher Interessen. Die Annahme, dass sich Dinge erst durch „Ausprobieren“ produzieren und aus verschiedenen Elementen humaner und nicht humaner Beschaffenheit zusammensetzen, spannt eine Brücke

zur Actor-Network-Theory. Zweitens gehen Bulkeley und Castán Broto davon aus, dass die räumliche Dimension dieser Experimente für die Einführung und spätere Validierung neuer Technologien und Politiken eine besondere Bedeutung hat. Beide Punkte werden im vorliegenden Artikel aufgenommen und aus der Perspektive des Fallbeispiels der Schweizer Sprühdrohnen weiterverfolgt. Bulkeley und Castán Broto unterscheiden drei Arten von Experimenten, welche für unsere Analyse relevant sind:

1. Die „policy experiments“, in denen es um Gesetzgebungs- und Regierungsinnovationen geht. Nicht selten finden diese Experimente ausserhalb der offiziellen politischen Kanäle statt und schaffen neue Räume des Staatlichen (McLean et al., 2016:3248). Für die Autorinnen stellt sich ausserdem die dringende Frage, wer hinter derartigen Experimenten steckt, wie diese finanziert werden und wo diese Experimente genau stattfinden (Bulkeley und Castán Broto, 2013:364).
2. „Sozio-technische Experimente“, in denen es um die Entwicklung neuer Technologien in Nischen oder beschützten Räumen geht (siehe auch McLean et al., 2016:3249). Die in diesen Nischen stattfindenden Experimente lassen Räume der Interaktion für die verschiedenen AkteurInnen zu. Auch ermöglichen sie, dass sich soziale Netzwerke zwischen diesen AkteurInnen bilden, um Ideen auszutauschen und heterogene Praktiken, Wissen und Werkzeuge anzugleichen (Bulkeley und Castán Broto, 2013:365).
3. „Strategische Experimente“ – auch als „living laboratories“ bezeichnet –, welche ausserhalb geschützter Räume stattfinden und in denen die Innovations- und Lernprozesse formalisiert werden (McLean et al., 2016:3249). Bulkeley und Castán Broto (2013:366) beziehen sich hier vor allen Dingen auf James Evans (2011) und dessen Analyse des Regierens durch Experimente an „echten Orten und in echter Zeit“.

Angelehnt an diese Typologie fokussiert unsere Analyse auf grundsätzlich drei Typen von Experimentierräumen, in denen die Sprühdrohntechnologie in der Schweiz getestet und schliesslich etabliert wurde. Wenn die Autorinnen von „Experimenten der Gesetzgebung“ sprechen, verstehen wir hier einen expliziten (1) Raum des Institutionellen. In diesem Raum suchen die handelnden AkteurInnen der verschiedenen Bundesämter neue Wege, um die Drohnentechnologie im Allgemeinen, und die Sprühdrohntechnologie im Speziellen, auf bürokratischer Ebene zu regulieren. Bei den „sozio-technischen Experimenten“ handelt es sich in unserem Fallbeispiel um einen spezifisch (2) sozio-technischen Raum, in dem Innovationen (die Sprühdrohntechnologie) in ganz speziellen Konfigurationen und Nischen (Schweizer

Weinanbau) getestet und vorangetrieben werden können. Der dritte Raum ergibt sich aus den „strategischen Experimenten“ als (3) Raum der Strategie, in dem die Innovation, die Zusammenarbeit und die Handlungsweisen strategisch formalisiert werden.

Wichtig ist hier auch die Verbindung zum übergeordneten Begriff des „Labors“ als kontrollierter und strukturierter Raum, in dem Wissen produziert und gemanagt wird (Latour, 1987). Entscheidend ist dabei, dass Labore zwar raumgebunden sind – wobei nicht nur an geschützte Innenräume zu denken ist, sondern auch an offene Aussenräume wie Felder, Bauernhöfe und Weinberge in der Landwirtschaft (Bear und Holloway, 2019; Rose et al., 2018; Holloway et al., 2014) –, sich aber auch durch eine gewisse „placelessness“ des generierten, frei zirkulierenden Wissens charakterisieren (Guggenheim, 2012). Henkes (2008:114) Analyse der Innovationsprozesse in der Landwirtschaft Kaliforniens ist hier besonders hervorzuheben. Ganz im Sinne einer relationalen Geografie, in der Raum erst durch die im Raum stattfindenden sozialen Beziehungen produziert wird (Raffestin, 2012; Lefebvre, 1991), führt Henke in seiner Studie aus, dass Feldversuche zeigen, wie der Raum mehr sein kann als nur „a collection of soil, climate, bugs, and other local conditions; places are partly constituted by the practices that happen there“. Dies ist besonders für unser Fallbeispiel relevant, da in der Schweiz Experimente mit der Sprühdrohntechnologie in Feldversuchen stattgefunden haben. Die Begrifflichkeit des Labors expandieren wir demnach auf „Feldversuche“ und können somit den Weinberg selbst als einen Raum des Experimentierens verstehen. Für uns bietet dies die analytische Möglichkeit, die Prozesse des Entstehens, des Experimentierens und der Anwendung der Sprühdrohntechnologie durch die verschiedenen Räume des Experimentierens zu erörtern.

Entscheidend ist sowohl bei Bulkeley und Castán Broto also auch bei Henke die Frage, wo, wie und von wem Wissen produziert und verbreitet wird. Diesbezüglich wird unsere Analyse vor allem zwei Schwerpunkte setzen. Einerseits konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die unterschiedlichen Formen von Expertise (ExpertInnenwissen). In ihrer räumlich verankerten Interaktion werden neue „Koalitionen der Autorität“ begründet, welche die Produktion von Wissen bezüglich neuer Technologien prägen (Akrich and Méadel, 1999; Lippschutz, 1999; Czempiel, 1992). Wir gehen demnach davon aus, dass neue Technologien, in unserem Fall die Sprühdrohne, auch in der Landwirtschaft nicht in einem Wissensvakuum entstehen, sondern das Resultat von komplexen Beziehungen zwischen den verschiedenen ExpertInnen sind, die in die Planungen, Entwicklungen und Etablierung der betroffenen Technologie involviert sind (Lubell et al., 2014; Ingram, 2008).

Andererseits betrachtet der vorliegende Beitrag die Frage der Wissensproduktion auch explizit in Verbindung zu Materialität, was wiederum einen direkten Bogen zur ANT schlägt. Law und Mol (1995) folgend ist Materialität nicht

die simple Beschreibung von Gegenständen (Körpern, Artefakten etc.), sondern entsteht erst durch relationale Verbindungen. Auch Hecht (2011:3) argumentiert, dass Materialität eine entscheidendere und aktivere Rolle in der Ko-Produktion von Dingen zugeschrieben werden kann (sollte), denn „[technologies] exceed or escape the intentions of system designers. Material things can be more flexible – and more unpredictable – than their builders realize“. Es wird im Folgenden dementsprechend speziell um die Materialität der jeweiligen Experimentierräume gehen. In unserem Fall wirft die Sprühdrohne die Frage auf, inwiefern diese Materialitäten ebenfalls auf die Prozesse der Einführung und der Entwicklung der Technologie einwirkten. Damit wollen wir einen Beitrag zu dem leisten, was Higgins et al. (2017:201) als eine bis dato noch nicht genügend erforschte Nische betrachten:

Greater emphasis should be placed on ‚knowledge in action‘ – the relationality of materials and the multiple modes of ordering through which materials intertwine with, shape, and are shaped by, farming knowledge and practices.

3 Angewandte Methoden und Hintergrund

Empirisch basiert dieser Artikel auf einer Studie, die wir im Rahmen der vom Schweizer Nationalfonds finanzierten Projekte „Power and Space in the Drone Age“ und „Big Data in Agriculture: The Making of Smart Farms“ durchgeführt haben. Die erhobenen Daten basieren auf qualitativen, semi-strukturierten Interviews, die wir mit Mitarbeitern des Start-Ups AgroDrone (6), Weinbauern, die selber mit Drohnen arbeiten oder den Service von AgroDrone in Anspruch nehmen (3), Vertretern des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (2) und dem staatlichen Forschungsinstitut Agroscope (2) geführt haben. Dazu ist festzuhalten, dass die Interviewpartner für unsere Studie ausschliesslich *weisse* Männer waren, was auf das noch immer überwiegend männlich geprägte Drohnentechnik-Milieu zurückzuführen ist (siehe auch Olson und Labuski, 2018). Die Interviews entstanden in zwei Phasen im Zeitraum zwischen Mai 2018 und Mai 2019. In der ersten Phase 2018 wurden drei Piloten sowie Techniker und der CEO von AgroDrone interviewt. In dieser Phase wurde die Arbeit auch aus nächster Nähe beobachtet und das Pilotenteam während der Arbeit, bei Experimenten an Weinbergen und in der Werkstatt begleitet. In der zweiten Phase Anfang 2019 wurde abermals ein Interview mit dem CEO von AgroDrone geführt. Weitere Interviews wurden mit Weinbauern und staatlichen Vertretern aufgenommen.

Die methodologischen Überlegungen hinter der Auswahl der Interviewpartner und der verwendeten Methoden basieren auf der Annahme, dass die Prozesse der Etablierung neuer Technologien in der Landwirtschaft sichtbar und untersuchbar werden, wenn diese in den Räumen ihrer Entstehung und Etablierung beobachtet werden. Durch unsere Erfahrung

aus vorigen Projekten zu den Chancen und Risiken von ziviler Drohnennutzung wussten wir, dass auch der institutionelle Gesetzgebungsprozess bei der Drohnentechnologie in der Landwirtschaft eine grosse Rolle spielt, und haben diesen mit einbezogen (SNF-Projekt „Power and Space in the Drone Age“). Die Interviews wurden nach sozialwissenschaftlichen Standards transkribiert und anschliessend mit MAXQDA codiert. Die Codierung der Interviews ist wichtig, um Narrative zu identifizieren, die wir als „temporally ordered, morally suggestive statements about events and/or actions in the life of one or more protagonists“ verstehen (Presser, 2016:138). Das Ziel dabei ist, Narrative zu Tage zu fördern, die uns etwas darüber sagen, wie bestimmte Regulierungspraktiken, der Umgang mit der Drohnentechnologie und die Interessen der verschiedenen AkteurInnen verhandelt und gerechtfertigt werden.

Wir haben das Start-Up AgroDrone für unsere Studie ausgewählt, weil es das einzige Unternehmen der Schweiz ist, welches eine eigene Drohne zur Besprühung von Weinbergen entwickelt hat. Gleichzeitig gibt es eine kleine Anzahl weiterer Anbieter in der Schweiz, die ebenfalls die gleichen oder ähnliche Serviceleistungen erbringen, jedoch eine Standarddrohne von einem chinesischen Anbieter benutzen und teilweise auch dessen offizielle Retail-Rechte für die Schweiz innehaben.

Der Schweizer Weinanbau ist in der frankophonen Westschweiz ein fest verankerter, kulturell bedeutender, aber doch eher kleiner Wirtschaftszweig. Das als Lavaux bekannte und als UNESCO-Weltkulturerbe eingestufte Gebiet entlang des Genfersees zwischen Lausanne und Vevey charakterisiert die besondere Topographie des Weinbaus in der Region. Die steilen Hänge stellen ganz aussergewöhnliche Anforderungen an die Kultivierung der Reben. Besonders die Pflege und Behandlung der Weintrauben stellt für die Weinbauern und -bäuerinnen einen erheblichen Aufwand dar und erfolgt nach klaren Reglementierungen, nicht selten, um den Erhalt des Siegels für geschützte Ursprungserzeugnisse zu garantieren (Laesslé, 2018). Innerhalb dieses Gefüges hat sich AgroDrone mit seinem Angebot einen eigenen Markt geschaffen, da die herkömmlichen Sprühweisen, manuell per Hand, maschinell mit Sprühmaschinen oder aus der Luft per Helikopter, mit verschiedenen Problemen zu kämpfen haben.

4 Analyse

4.1 Institutioneller Raum

Während die Europäische Union das Sprühen von Pestiziden aller Art aus der Luft seit 2009 verboten hat (Zwetsloot et al., 2018), hat die Schweiz einen Sonderweg eingeschlagen, der die Versprühung per Helikopter zwar erlaubt, aber stark limitiert. Um eine Genehmigung für die Besprühung aus der Luft (selbst mit Wasser) zu erhalten, müssen Unternehmen einen sehr komplizierten und über mehrere Monate dauernden Bewilligungsprozess durchlaufen, an dem nicht nur das BAZL,

sondern auch das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und drei weitere Behörden beteiligt sind. Nur ein Unternehmen in der Schweiz besitzt eine solche Bewilligung. Ein Hauptaspekt des Verfahrens ist der Abdrift der Sprühflüssigkeit in der Luft. Beim Versuch, diese Bewilligungslogik auch auf Sprühdrohnen anzuwenden, hat das BAZL durch viele verschiedene Experimente erkannt, dass der Abdrift bei Drohnen deutlich geringer ausfällt als bei Helikoptern. Dies hat den Weg für ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren bereitet (BAZL, 2020).

Bei den „policy experiments“ von Bulkeley und Castán Broto geht es um die Entstehung von neuen Räumen des Staatlichen und die Begehung neuer und informeller Wege spezifischer Akteur-Netzwerke innerhalb dieser Räume. In Bezug auf die Vereinfachung des Bewilligungsprozesses argumentieren wir, dass hier ein spezieller Raum des staatlichen Experimentierens entstanden ist, der entscheidend zur Einführung der Drohnentechnologie im Schweizer Weinanbau beigetragen hat. Ein Mitarbeiter des BAZL formulierte dies im Gespräch wie folgt:

Wir haben, das ist ja das Gute daran, und das schätze ich an den Kolleginnen und Kollegen, einen bestehenden rechtlichen Rahmen. Und es ist der Wille da, in diesem bestehenden rechtlichen Rahmen sich so flexibel wie möglich zu bewegen, und dass man die Energie darauf verwendet etwas zu ermöglichen und nicht etwas zu verhindern. Und dann gibt es vielleicht etwas ungewohnte Lösungen. Eben, dass eine Drohne eine Bodenapplikation sein kann (Co-Leiter Innovation und Digitalisierung BAZL, 30. April 2019)².

Der Mitarbeiter des BAZL spricht in diesem Zitat darüber, wie innerhalb eines Netzwerkes von KollegInnen an innovativen Lösungen mit einem hohen Grad an Flexibilität gearbeitet wurde. Innerhalb der bestehenden rechtlichen Klaviatur wurde ein gangbarer Weg gefunden, das Recht neu auszuliegen. Dadurch konnte eine innovative Möglichkeit geschaffen werden, das aktuelle Bewilligungsverfahren zu umgehen und somit ein in der Luft fliegendes Gerät juristisch wie ein am Boden fahrendes Werkzeug zu definieren. In Bezug auf die Flexibilität spricht der Mitarbeiter hier an, was das BAZL auch in seiner Medienmitteilung zum neuen Verfahren verbrieft hat. Die Etablierung des Verfahrens war nur durch „einen intensiven Austausch zwischen Behörden und Branche sowie eine komplexe Koordination zwischen verschiedenen schweizerischen Behörden“ möglich (BAZL, 2020).

In einem weiteren Abschnitt fügt der Interviewpartner hinzu: Es besteht ein Ökosystem bezogen auf Drohnen in der Schweiz... und das ist vielleicht ganz neu. Aus der Sicht der Verwaltung sehen wir uns als Teil dieses Ökosystems. Wir

²Alle Zitate wurden entweder aus dem Französischen eigens übersetzt oder auf Deutsch leicht adaptiert, um sprachliche Klarheit zu gewährleisten.

kennen alle und wir sagen uns, man kann ja auch freundlich miteinander umgehen und einen guten Umgang und einen guten Kontakt miteinander haben, dass man miteinander spricht und Probleme bespricht. Und trotzdem, dass sich alle ihrer Funktion in diesem Ökosystem bewusst sind (Co-Leiter Innovation und Digitalisierung BAZL, 30. April 2019). Das Selbstverständnis des BAZL scheint hier also ein Teil dessen zu sein, was u. a. Akrich und Méadel (1999) als die „coalitions of authority“ betitelt haben. Bei diesen Koalitionen handelt es sich um Netzwerke von ExpertInnen, die mit ganz bestimmtem Wissen ausgestattet sind und die gemeinsam zu einer innovativen Problemlösung beitragen. Der Mitarbeiter des BAZL zeigt, wie alle AkteurInnen eine spezifische „Funktion“ innerhalb des gemeinsamen „Ökosystems“ erfüllt. Mit anderen Worten tragen hier die ExpertInnen, mit jeweils spezifischer Expertise, dazu bei, dass die angesprochene Flexibilität und Kreativität innerhalb des Netzwerkes angewandt und durchgesetzt werden kann. Was in unserem Beispiel zur innovativen Definitionslösung von Sprühdrohnen als Bodenapplikation geführt hat, ist in der Landwirtschaft nicht unüblich. Wissen über landwirtschaftliche Vorgänge aller Art, die durchaus auch durch experimentelles Lernen geprägt sind (Lubell et al., 2014:1089–1090), wird zunehmend von einem Netzwerk aus privatwirtschaftlichen und staatlichen ExpertInnen produziert (Ingram, 2018:118).

Der Prozess der Flexibilität, der dann letztendlich zur Kreativität und Innovation führt, findet nicht immer in den offiziell dafür vorgesehenen Räumen statt. So konnte die Schweiz einen grossen Einfluss auf die im Januar 2021 in Kraft tretenden EU-Regeln zu Drohnenflügen ausüben. Ein Mitarbeiter des BAZL erzählt im Interview, dass vor allen Dingen die informellen Räume, wie Kaffeepausen oder Bars, die Orte sind, an denen „Ideen entwickelt“ werden, denn „immer dort, wo ein Protokoll geführt wird, lässt sich niemand auf die Äste raus“ (Co-Leiter Innovation und Digitalisierung BAZL, 30. April 2019). Dies gibt wieder, was Eugene McCann (2011:117) „microspaces of persuasion“ genannt hat. Orte, in denen Gesetzgebungsideen entstehen, weiterverfolgt, umgedacht und schliesslich erlernt und umgesetzt werden. Informalität – als deutlicher Gegensatz zum angesprochenen Formalismus – spielt hier eine tragende Rolle für die Entstehung von innovativen Ideen. Neue Lösungsansätze für komplexe Probleme werden nicht selten in den Räumen des Informellen vorgedacht, bevor sie Eingang in Gesetzgebungsprozesse finden. Dies ist ein weiterer Hinweis auf die Wissensnetzwerke, die sich in verschiedenen räumlichen Dimensionen zusammengefunden haben. Aus Erzählungen von AgroDrone-Mitarbeitern war gleichermaßen herauszuhören, dass es durch viele Gespräche, durch das Treffen ausserhalb der Bundesämter und durch das aufgebaute gegenseitige Vertrauen möglich geworden ist, die Idee der Sprühdrohrentechnologie voranzutreiben und „Partner“ innerhalb der staatlichen Strukturen zu gewinnen. Wie wir im folgenden Analyseabschnitt zeigen, war dies auch durch die ganz

spezifischen sozio-technischen Gegebenheiten innerhalb von Nischen möglich.

4.2 Sozio-technischer Raum

Gemäss Bulkeley und Castán Broto (2013) handelt es sich bei „socio-technical experiments“ um die Entwicklung neuer Technologien in Nischen und geschützten Räumen. Innerhalb dieser sozio-technischen Räume wird einerseits der Wissensaustausch und die Kooperation verschiedener AkteurInnen ermöglicht, andererseits wird der Einfluss des Materiellen für die Etablierung von technologischen Innovationen in der Landwirtschaft verdeutlicht (Pigford et al., 2018:118–119). So führt Ingram (2018, p.119) am Beispiel der Permakultur-Bewegung in Grossbritannien aus, dass gerade in der Landwirtschaft das Wissen aus Nischen das Potential hat, schon länger etablierte Wissensnetzwerke zu durchbrechen und Neues zu etablieren. Die Verankerung der Sprühdrohntechnologie im schweizerischen Weinanbau ist deshalb insbesondere durch die Linse des sozio-technischen Raumes spannend zu analysieren.

Eine Nische für die Sprühdrohntechnologie hat sich in der Schweiz aus zwei Hauptgründen aufgetan. Der erste Grund ist laut des Winzers der Stadt Lausanne die „Umweltperspektive“, da der Helikopter einen zu grossen Abdrift-Radius produziert (Winzer Stadt Lausanne, 20. März 2019). Der zweite Grund ist der menschliche Faktor. Durch die erhöhte Präzision der Drohne könnte diese Technologie die Handsprühmaschinen ersetzen und so die Arbeiter an den Weinbergen entlasten. Wie ein Mitarbeiter des staatlichen Landwirtschaftsinstituts Agroscope beschreibt: „Mit einer Drohne [Sprühmittel] auszubringen, ist natürlich unvergleichlich eleganter“ (Gruppenleiter Digitale Produktion Agroscope, 11. März 2019).

Die Innovation wird erst durch die Nische ermöglicht. Innerhalb dieser kommt es zu spezifischen Kooperationen zwischen öffentlichen Vertretern wie Agroscope, dem BAZL und AgroDrone. McLean et al. (2016:3249) definieren Innovation als einen interaktiven Prozess des Wissensaustausches zwischen Forschungsinstituten, Regierungseinrichtungen und privaten NutzerInnen. Folgen wir Bulkeley und Castán Broto (2013:365), dann sind es die sozio-technischen Experimente in den Nischen, die Räume der Interaktion zwischen verschiedenen AkteurInnen ermöglichen, um Ideen auszutauschen und heterogene Praktiken, Wissen und Werkzeuge zu vereinen.

Wie diese Kooperationen in unserem Fallbeispiel aussehen, zeigen die folgenden zwei Zitate:

Also das war sicher ergänzend. Wir hatten keine Erfahrung mit Sprühdrohnen vorher und haben dann von ihnen [AgroDrone] quasi das Flug-Know-How mit der Drohne bekommen, haben dort viel gelernt und der [CEO AgroDrone] hat von uns viel gelernt in Sachen Applikationstechnik. Er war

da völlig unbedarft als Helikopterpilot, der hatte keine Ahnung von Pflanzenschutz vorher. Und ich denke, da haben wir uns gegenseitig doch sehr gut ergänzt (Gruppenleiter Digitale Produktion Agroscope, 11. März 2019).

Und unter dem gleichen Dach werde ich einen Agro-Ingenieur, einen Techniker und mich anstellen... Man darf nicht vergessen, vor zwei Jahren, alles was ich da über Landwirtschaft kannte, war mein Gemüsegarten bei meinem Chalet... und dann hatten wir auch Glück, denn ich habe wirklich aussergewöhnlich tolle Leute in diesen Bundesämtern getroffen, die auch bereit waren, Risiken einzugehen... (CEO AgroDrone, 21. Juni 2018).

Hier sind zwei zentrale Prozesse zu beobachten. Erstens wird die Kooperation zwischen den öffentlichen Institutionen und dem privaten Unternehmen deutlich. Innerhalb des sozio-technischen Raumes wird eine Kooperation eingegangen, die es ermöglicht, miteinander zu arbeiten und voneinander zu lernen.

Zweitens findet innerhalb des sozio-technischen Raums ein Wissensaustausch statt, den wir im Sinne der ANT verstehen (Legun, 2015). Innerhalb dieser Wissenskoalitionen sind die verschiedenen Teilnehmer mit unterschiedlichem Wissen ausgestattet, bringen dieses zusammen und lernen voneinander. Das öffentliche Forschungsinstitut Agroscope verfügte über keinerlei Vorkenntnisse im Fliegen und der Initiator von AgroDrone hatte keine Erfahrung mit den Funktionsmechanismen der Landwirtschaft. Beide Parteien haben ihr Wissen an die jeweils andere Seite vermittelt und voneinander gelernt, wodurch eine Assemblage aus ExpertInnen entstand. Gemeinsam wurde ein neuer Weg erarbeitet, der die Sprühdrohne juristisch als Bodenapplikation charakterisiert und damit das Bewilligungsverfahren deutlich vereinfacht hat.

Innerhalb des sozio-technischen Raums spielt neben den Wissenskoalitionen auch die Materialität eine entscheidende Rolle. Das folgende Zitat eines Weinbauern, der auch als Pilot für und mit AgroDrone arbeitet, zeichnet diese Bedeutung nach:

Wir hatten ein grosses Problem mit der Firmware, die uns – natürlich – aus China geschickt worden ist... und wir mussten die alte Firmware drauf spielen... aber die hat vorher so gut funktioniert, dass sie keine Probleme hatte, aber in der Höhe etwas limitiert war. Denn es ist ja klar, dass sie in China nicht die gleichen Territorien haben wie wir hier... Denn in China, so stelle ich es mir vor, bei den flachen Reisfeldern, ist es kein Problem und sie haben sich sicher die Frage gestellt: „Warum wollt ihr höher als 30 Meter fliegen?“ Aber da es bei uns alles steil ist, ist man schnell bei 30 Metern! (AgroDrone Pilot und Winzer, 20. August 2018).

Laut den Aussagen fast aller Interviewpartner wurden Sprühdrohnen als Erstes in China für relativ flache und grosse Reisplantagen entwickelt. So auch die Basis der Drohne von AgroDrone und die Flugsoftware, welche das Flugverhalten der Maschine steuert. Der Schweizer Weinanbau weist jedoch andere Bedingungen auf als der Reisanbau in China. In der Schweiz wird Wein in teilweise hohen Lagen und an steilen Hängen kultiviert. Dies bedeutet, dass die mitgelieferte Firmware des Softwareunternehmens, mit dem AgroDrone zusammenarbeitet, auf die Schweizer Bedingungen eingestellt werden muss. Dazu beschäftigen sich die Piloten kontinuierlich mit der Handhabung der Technologie, um die Software weiterzuentwickeln und an die topografischen Bedingungen anzupassen. Während das Chassis und die Software der Drohne aus China importiert werden, entwickelte AgroDrone die gesamte Sprühtechnologie selbst:

Die Sprühhvorrichtung wurde komplett von uns getestet und entwickelt. Die Basis war wirklich, erstmal eine gute Sprühhvorrichtung hinzubekommen und dann die Maschine in Angriff zu nehmen. Wir haben es umgekehrt gemacht, als dies die Leute normalerweise mit Drohnen machen: Die bauen eine gute Drohne und danach setzen sie ein System drauf [z. B. eine Kamera, oder ein Sprühsystem]. Wir haben mit dem System angefangen und danach die Drohne verbessert. Denn die Bauern und Bäuerinnen hier wollen vor allen Dingen eine gute Sprühhvorrichtung! (AgroDrone Chefpilot, 3. Oktober 2018).

Die lokal-räumlichen Bedingungen für die Entwicklung der Drohne waren demnach von Bedeutung. Während die Flugtechnik an die lokalen Bedingungen – steile Hänge und Hindernisse – angepasst werden musste, war es laut dem Piloten mindestens genauso wichtig, eine gute und an die räumlichen Gegebenheiten angepasste Sprühtechnik zu entwickeln.

Während der Feldforschung mit AgroDrone konnten wir beobachten, wie verschiedene weitere materiell-räumliche Dimensionen zum Tragen gekommen sind. Zum einen haben sich die Piloten vor jedem Drohnenflug dezidiert mit dem Gelände beschäftigt. Es musste vor den Flügen zu Fuss abgesteckt und geomarkiert werden, um die Daten in die Software einzuspeisen, die der Drohne den automatischen Flugmodus ermöglicht. Die topografischen Bedingungen des Geländes haben somit die Benutzung der Drohne gleichermassen beeinflusst. Denn in kaum einem Gelände kann die Drohne im vollautomatischen Modus fliegen. Nicht selten sind Weinfelder nah an Häusern lokalisiert, weisen Unebenheiten auf und sind schwer zugänglich. Während der Flüge in solchen Gebieten muss sich der Pilot bzw. die Pilotin genau mit dem Gelände auseinandersetzen, da die Flughöhe auch in den halb- und vollautomatischen Modi weiterhin manuell gesteuert werden muss. Wir konnten mehr als einmal beobachten, wie die Drohne zu nah an einen Baum oder eine

Mauer geflogen wurde und ein Propellerflügel ausgetauscht werden musste. Der physische Kontakt mit der Materialität – sei es im Fluggebiet oder mit der Drohne selbst – ist mitbestimmend für die sozio-technische Entstehung und Weiterentwicklung der Technologie.

Zum anderen beobachteten wir, wie Software als etwas Immaterielles ebenfalls im Zusammenspiel mit der Materialität der Drohne agiert. An einem der ersten Beobachtungstage hatte die Drohne mit der Schwierigkeit zu kämpfen, stabil in der Luft zu bleiben, und musste schliesslich landen. Noch vor Ort wurden einige kleine Tests, sowohl mit der Software als auch an der Hardware der Drohne, vorgenommen. Schnell war das Problem erkannt und behoben. In anderen Situationen, so erzählte einer der Piloten, wird auch der Cheftechniker im Atelier angerufen, um ihm das Problem zu schildern. Je nach Schwere des Problems kann vor Ort eingegriffen werden, oder es muss später gemeinsam an einer Lösung in der Werkstatt gebastelt werden. In diesem Beispiel konkretisiert sich das sozio-technische Verhältnis von Raum, Technik und Mensch, die in einem voneinander geprägten Wechselspiel agieren, sich beeinflussen und nur zusammen existieren können. Das Wissen, welches hier generiert wird, basiert auf dem materiell-experimentellen Ausprobieren.

Es besteht also ein Wechselspiel aus dem gegenseitigen Bedingen von Raum und Technologie. Ausgehend von der Annahme des „Sozio-Technischen“ im Latourschen Sinne als etwas, was sich aus der Technik und des Sozialen konstituiert, entstehen Objekte stets erst durch die Assoziierung und Mediation verschiedener menschlicher und nicht-menschlicher Komponenten (Latour, 2005:9). Die Drohnentechnologie als Gesamtes wird hier durch das Zusammenwirken verschiedener AkteurInnen konstituiert. Der Raum fungiert dabei als wichtigster Mediator. Konzeptuell zeigt dies, dass Materialität wichtig ist für das Erlernen und den Umgang mit neuen Technologien. Krzywoszynska (2016:292–293) beispielsweise beschreibt in ihrer Forschung über Weinbauern und -bäuerinnen, dass Materialität eine fundamentale Rolle in der Aneignung von experimentellem Wissen spielt, was wiederum zur Ausbildung von spezifischem Wissen und Können („Enskillment“) führt, und dementsprechend als „ongoing exploration and alignment of properties and actions, a never-ending experimental engagement in which both humans and materials change and mutate“ verstanden werden kann. Besonders hervorzuheben ist auch die Arbeit von Higgins et al. (2017), in welcher am Beispiel von australischen Reisbauern und -bäuerinnen erörtert wird, dass Materialität einen starken Einfluss darauf hat, wie sich die Bauern und Bäuerinnen auf neue Technologien einlassen. Materialität ist demnach konstitutiv für das Ordnen und Strukturieren („ordering“) des Umgangs der Bauern und Bäuerinnen mit neuen Technologien (Higgins et al., 2017:195).

4.3 Strategischer Raum

Die dritte analytische Kategorie ist die des strategischen Raums. Diese Kategorie ermöglicht das Verständnis darüber, wie die anderen Aspekte aus dem institutionellen und sozio-technischen Raum zu einer Strategie zusammengeführt werden. In diesem Abschnitt heben wir besonders zwei Punkte hervor, welche den strategischen, aber experimentellen Prozess der Bewilligung der Sprühdrohnen-Technologie treffend analysieren: Die Formalisierung des Unbekannten und das „living laboratory“.

AgroDrone entwickelte sich innerhalb kürzester Zeit von einer kühnen Idee zu einem funktionstüchtigen Unternehmen (CEO AgroDrone, 21. Juni 2018). Ein solch schneller Aufstieg beinhaltet nicht nur die Ausarbeitung eines umfassenden Businessplans, der Anstellung verschiedener Personen im administrativen, technischen und operationellen Bereich, sondern auch das experimentelle Ausprobieren der Drohnentechnologie. Die Experimente, um das Flugverhalten, die Sprühelemente und die automatisierte Flugkontrolle zu testen, wurden anfangs intern vorangetrieben. Um jedoch eine Flugautorisierung zu erlangen, waren ausführliche Experimente unter offizieller Aufsicht zum Abdriftverhalten der Drohne notwendig. So wurde eine Zusammenarbeit mit Agroscope angestrebt, über die einer der Hauptpiloten von AgroDrone sagt:

Und wir haben sehr viel mit Agroscope getestet, um die Konsistenz der Produkte zu überprüfen... denn weisst Du, mit Drohnen ist das so, man testet die ganze Zeit. Es gibt viele Leute da draussen, die sehr viel Blablabla von sich geben, sehr viel Theorie haben. Aber nur dort draussen im „territoire“ [Gebiet] nimmt man wahr, das die Theorie mit der Realität nichts zu tun hat (AgroDrone Pilot, 3. Oktober 2018).

In dieser Interviewpassage spricht der Pilot von den vielen Experimenten, die AgroDrone mit Agroscope durchführte. Der Pilot stellt dar, wie das Wissen über die eigene Drohne nur durch die vielen Experimente entstehen konnte. Er betont, dass erst die Praxis fundiertes Wissen über die Technologie ermöglichte. Hier scheint ein Prozess zu entstehen, den wir als die „Formalisierung des Unbekannten“ beschreiben. Denn die noch in den Kinderschuhen steckende Firma, die in der Anfangsphase noch mit sehr vielen Unbekannten zu arbeiten hatte, tastet sich durch experimentelles Wissen an brauchbares und konkretes Wissen heran. Durch die Zusammenarbeit mit öffentlichen Institutionen wie Agroscope bekommt das, was zuvor noch informell und im kleinen Rahmen stattgefunden hat, einen formalisierten Charakter. Das Unbekannte entwickelt sich peu à peu zu etwas Bekanntem. Wissen wird nicht mehr informell nur im Kleinen produziert, sondern wird in Zusammenarbeit zwischen Agroscope und AgroDrone erstellt und formalisiert. Bis hin zur Bewilligung

der Drohnentechnologie ist ein weiterer Schritt nötig, wie wir im folgenden Abschnitt herausarbeiten.

Die permanenten Experimente mit Agroscope, in Begleitung des BAZL, waren notwendig, um die Drohne als Bodenapplikation einzustufen. Erst nach der experimentellen Phase stand fest, dass die Sprühdrohne genauso präzise arbeitet, wie eine am Boden fahrende Maschine. Jedoch schon nach der ersten Reihe von Experimenten wurde eine erste Bewilligung ausgestellt, wie einer der Agroscope-Mitarbeiter berichtet:

Während der Transitionsphase, also von dem Moment an, wo es die ersten Anfragen für eine Autorisierung gegeben hat, und dem Bestreben nach einem [vereinfachten] Verfahren, haben wir uns gesagt, es gibt zwei Möglichkeiten: Entweder wir verbieten alles, während wir ein Verfahren am Laufen haben und wir riskieren damit, den Markt zu töten und diese kleinen Unternehmen können nicht arbeiten. Oder – und das war die Entscheidung, die wir getroffen haben – wir autorisieren die Drohnennutzung, aber die Limitierungen [des Abstands] sind die gleichen wie bei Helikoptern... Aber die Idee war, diese ersten Experimente – in Anführungszeichen – nicht zu verhindern und es so zu bewilligen (Mykologie-Experte Agroscope, 20. März 2019).

Trotz des noch nicht vereinfachten Verfahrens wurde entschieden, die Drohnentechnologie im Feld anzuwenden. Laut Zitat vor allem, um den Markt und die Existenz der Unternehmen nicht zu gefährden. Vergegenwärtigen wir uns also nochmals, was Michael Guggenheim (2012:3–5) über das „Laboratory“ geschrieben hat. Er bezeichnet das Labor als einen Ort, an dem durch eine „chain of translations“ innerhalb eines mehr oder weniger geschützten Raumes Technologie getestet und dann als „mobiles Wissen“ nach draussen entlassen wird. Es scheint, als würde hier ebendieser Prozess stattfinden. Als die Drohnen sich noch in der Phase des Experimentierens befunden haben, wurden sie bereits als so gut eingestuft, um unter realen Bedingungen arbeiten zu können. So berichtet der Gründer von AgroDrone, dass sie bereits im Januar 2017 „die Bewilligung für die Saison für die Besprühung mit Pflanzenschutzmitteln nach den bestehenden Regeln für Helikopterflüge erhalten“ haben (CEO AgroDrone, 21. Juni 2018).

Anhand dieses Beispiels lässt sich aufzeigen, dass sich im strategischen Raum Prozesse des Lernens und der Innovation formalisieren, welche dazu beitragen, dass sich eine neue Technologie etabliert. In Zusammenarbeit zwischen öffentlicher und privater Hand wird die Sprühdrohnen-Technologie aus dem „Labor“ in die „wirkliche Welt“ entlassen. Dies zeigt sich in der Beschreibung des Agroscope-Mitarbeiters, der erzählt, wie das Institut die Technologie bewilligt hat, um die Experimente in der Praxis nicht zu verhindern. Im strategischen Raum wird daran gearbeitet, das Experimentelle in

eine richtige Strategie umzuwandeln. Wir verstehen hier den Begriff des Labors aber weniger als einen physisch geschlossenen Raum, sondern als eine künstlich erschaffene Situation. In dieser ist es sodann möglich, Experimente mit neuer Technologie durchzuführen, die später aus dieser künstlichen Situation herausgelöst und in Alltagssituationen als innovative Lösungen übertragen werden. Während unserer Feldforschung hatten wir die Möglichkeit zu beobachten, wie AgroDrohnent die in der Landwirtschaft durchaus üblichen Feldversuche durchgeführt hat (Henke, 2008). Hierzu sprühten Piloten bestimmte Produkte auf vorgegebene Art und Weise auf die verschiedenen Testfelder von Weinbauern, um die Ergebnisse später kontrollieren zu können. Es lässt sich somit feststellen, dass die „chains of translations“ nicht nur in einer festgelegten Abfolge von Experimenten zur realen Anwendung stattfinden, sondern durchaus parallel ablaufen können, und somit Experimente und Strategie nicht scharf voneinander abzutrennen sind.

5 Fazit

Dieser Artikel hat mittels einer empirischen Fallstudie herausgearbeitet, wie die Sprühdrohnen-Technologie in der Schweizer Landwirtschaft entwickelt, reguliert und eingesetzt wird. Der Artikel beschäftigt sich im Kern mit der Frage, anhand welcher Prozesse, in welchen Räumen und mit welchen AkteurInnen die neue Drohnentechnologie in die Landwirtschaft eingeführt wurde. Am Beispiel der Zusammenarbeit zwischen dem Start-Up AgroDrohnent und verschiedener öffentlicher Behörden haben wir in unserer Analyse verdeutlicht, dass die Einführung der Drohnentechnologie nur durch eine spezifisch sozio-technische Konfiguration eines Akteur-Netzwerks möglich war. Das Netzwerk hat einen erheblichen und innovativen Aufwand betrieben und sich auch über konventionelle und schon etablierte Verfahrensweisen hinweggesetzt, um neue und vereinfachte Lösungen zu finden.

Ein weiterer Aspekt unserer Analyse beleuchtet, dass innerhalb ganz spezifischer Räume des Experimentierens dafür gesorgt wurde, dass sich die Sprühdrohnen-Technologie im Schweizer Weinanbau etabliert hat und fortlaufend eingesetzt werden kann. Wir haben drei verschiedene räumliche Dimensionen ausgemacht, welche für die Bewilligung der Sprühdrohnen-Technologie in der Schweiz relevant sind: (1) der institutionelle Raum, (2) der sozio-technische Raum und (3) der strategische Raum. Innerhalb dieser Räume haben wir anhand theoretischer Grundlagen der ANT analysiert, wie sich die Entstehung, Weiterentwicklung und letzten Endes die Regulierung der Sprühdrohnen-Technologie durch Wissenstransfers verschiedener ExpertInnen und den räumlich-materiellen Beziehungen der Technologie ergibt. Am Ende dieser Prozesse wurde die Sprühdrohne juristisch als eine Bodenapplikation eingestuft. Dies ermöglicht, dass

die Technologie durch ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren zum Einsatz gebracht werden kann.

An unsere Analyse knüpfen sich aus unserer Sicht drei grössere Themenblöcke, welche nicht nur für unser Fallbeispiel, sondern für allgemeine Debatten um die Digitalisierung der Landwirtschaft relevant sind. Erstens werfen die Ergebnisse unserer Untersuchung die Frage auf, welche Implikationen die Zusammenarbeit zwischen staatlichen und privaten AkteurInnen hat? Was bedeutet es, wenn einem Start-Up geholfen wird, die eigene Erfindung zu verbessern, um am Ende ein besseres und konkurrenzfähigeres Produkt präsentieren zu können? Was bedeutet dies für Unternehmen, die nicht über die gleichen Kontakte und Mittel verfügen? Was bedeutet es wiederum für die Schweizer Bundesämter, einen weltweit beispiellosen Ansatz etabliert zu haben? In den Interviews mit unseren staatlichen Gesprächspartnern wurde stets betont, dass durchaus ein Interesse darin besteht, den Innovationsstandort Schweiz – und im Besonderen die Kantone Waadt und Wallis – zu erhalten, zu fördern und international konkurrenzfähig aufzustellen. Zukünftige Untersuchungen sollten sich mit den dadurch entstehenden Machtfragen und eventuellen Ungleichheiten beschäftigen.

Zweitens stellt sich ebenso die Frage nach der globalen Dimension unseres Fallbeispiels und dem Innovationsstandort Schweiz. Letzterer kann nur in einer globalisierten Welt bestehen, wenn er auch global agiert und ausgerichtet ist. Der globale Aspekt ist also von Bedeutung. Denn das Akteur-Netzwerk erstreckt sich nicht nur innerhalb der Schweiz, sondern geht weit darüber hinaus. Ein Teil der Sprühdrohne wird in China hergestellt und es bestehen enge Kontakte mit den chinesischen Konstrukteuren und Softwareentwicklern. Die „chain of translations“ und der Wissensaustausch, der am Ende zum Funktionieren und der Etablierung der Drohne beiträgt, findet demnach auch auf globaler Ebene statt. Hier schliessen ebenfalls spannende Fragen an, die sich mit der genauen Beschaffenheit dieses globalen Netzwerkes beschäftigen und danach fragen, was dies für das Machtgefüge innerhalb der Digitalisierung der Landwirtschaft bedeutet.

Drittens trägt der vorliegende Artikel zu einem besseren Verständnis bei, wie neue Drohnentechnologie in der Landwirtschaft eingeführt und normalisiert wird. Nichtsdestotrotz geht es darum, die Dynamiken hinter diesen Normalisierungsprozessen zu entschlüsseln und sich verfestigende Machtstrukturen zu erkennen. Was sind die Absichten hinter der Etablierung neuer Technologien, was die Bedürfnisse der NutzerInnen? Wie und mit welchen Mitteln soll die Landwirtschaft zukünftig gestaltet werden? Und noch wichtiger, wer hat welche Rolle in dieser Gestaltung? Die Digitalisierung ist längst Teil der Landwirtschaft und bedarf einer kritischen wissenschaftlichen Begleitung, um die Risiken und Chancen von digitalen Technologien für den Sektor zu untersuchen.

Datenverfügbarkeit. Die für diesen Artikel geführten Interviews können teilweise auf Anfrage beim Data & Service Center for the Humanities DaSCH abgerufen werden. Nicht alle Interviews wurden für eine Aufbewahrung bei DaSCH von unseren Interviewpartnern freigegeben.

Autorenmitwirkung. DP und FK haben gemeinsam die Grundideen, Analysen und konzeptuellen Überlegungen des Artikels erarbeitet. Die Hauptverantwortung für die Verfassung des Artikels lag bei DP.

Interessenkonflikt. Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Danksagung. Die Autoren bedanken sich herzlich bei den HerausgeberInnen von *Geographica Helvetica* und zwei anonymen BegutachterInnen für die sehr hilfreichen Kommentare und Anregungen. Dank geht auch an Laura Peer, die uns mit ihren exzellenten Korrekturen und der redaktionellen Arbeit sehr weitergeholfen hat. Die Autoren bedanken sich ausdrücklich bei den TeilnehmerInnen des Workshops „Smart Farming: Between Traceability and Automation“ im September 2019 in Neuchâtel. Die anregenden Kommentare und Diskussionen zum Thema des Artikels waren ausgesprochen hilfreich. Ausdrücklicher Dank geht an die TeilnehmerInnen der Interviews und insbesondere an das Drohnen-Team vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), an Aero41 und AgroFly.

Finanzierung. This research has been supported by the SNF (grant nos. 100017_162462 and FN 10DL1A_183037).

Begutachtung. This paper was edited by Nadine Marquardt and reviewed by two anonymous referees.

Literatur

- Akrich, M. and Méadel, C.: *Anthropologie de la Télésurveillance en Milieu Privé*, Pirvilles-CNRS and Institut des Hautes Etudes sur la Sécurité Intérieure, Centre de Sociologie de l'Innovation, Paris, 1999.
- BAZL: *Innovativer Ansatz für die Bewilligung von Sprühflügen*, Medienmitteilung, Bern, 2020.
- Bear, C. and Holloway, L.: *Beyond resistance: Geographies of divergent more-than-human conduct in robotic milking*, *Geoforum*, 104, 212–221, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.04.030>, 2019.
- Bertschi, M.: *Possibilité d'utilisation du Smart Farming dans l'agriculture Suisse*, in: *Präsentation an der Nationale Ackerbautagung, Chancen der Digitalisierung der Landwirtschaft*, 30–31 Januar 2018, Löwenbergzentrum, Murten, 2018.
- Bolman, B.: *A revolution in agricultural affairs: Droneculture, precision, capital*, in: *The Good Drone*, edited by: Sandvik, K. B. and Jumbert, M. G., Routledge, London, 129–159, 2016.
- Bongiovanni, R. and Lowenberg-Deboer, J.: *Precision Agriculture and Sustainability*, *Precis. Agricult.*, 5, 359–387, <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>, 2004.
- Bronson, K. and Knezevic, I.: *Big Data in food and agriculture*, *Big Data Soc.*, 3, 2053951716648174, <https://doi.org/10.1177/2053951716648174>, 2016.
- Bulkeley, H. and Castán Broto, V.: *Government by experiment? Global cities and the governing of climate change*, *T. Inst. Brit. Geogr.*, 38, 361–375, <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2012.00535.x>, 2013.
- Callon, M. and Law, J.: *L'irruption des non-humains dans les sciences humaines: quelques leçons tirées de la sociologie des sciences et des techniques*, in: *Les limites de la rationalité. Tome 2: Les Figures du Collectif*, edited by: Reynaud, B., La Découverte, Paris, 99–118, 1997.
- Carolan, M.: *The politics of big data: Corporate agri-food governance meets „weak“ resistance*, in: *Agri-Environmental Governance as Assemblage: Multiplicity, Power, and Transformation*, edited by: Forney, J., Rosin, C., and Campbell, H., Routledge, London, 195–212, 2018a.
- Carolan, M.: *Big data and food retail: Nudging out citizens by creating dependent consumers*, *Geoforum*, 90, 142–150, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.006>, 2018b.
- Carolan, M.: *„Smart“ Farming Techniques as Political Ontology: Access, Sovereignty and the Performance of Neoliberal and Not-So-Neoliberal Worlds*, *Sociolog. Rural.*, 58, 745–764, <https://doi.org/10.1111/soru.12202>, 2018c.
- Czempiel, E. O.: *Governance and democratization*, in: *Governance without Government: Order and Change in World Politics*, edited by: Rosenau, J. N. and Czempiel, E. O., Cambridge University Press, Cambridge, 250–271, 1992.
- Dodge, M.: *Rural*, in: *Digital Geographies*, edited by: Ash, J., Kitchin, R., and Leszczynski, A., SAGE, London, 36–48, 2018.
- Dürr, L., Kaufmann, R., and Meier, W.: *Präzisionslandwirtschaft in Pflanzenbau und Tierhaltung*, *Agrarforschung*, 12, 484–485, 2005.
- Evans, J. P.: *Resilience, ecology and adaptation in the experimental city*, *T. Inst. Brit. Geogr.*, 36, 223–237, <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2010.00420.x>, 2011.
- Fortané, N. and Keck, F.: *Ce que fait la biosécurité à la surveillance des animaux*, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 9, 125–137, 2015.
- Frankelius, P., Norrman, C., and Johansen, K.: *Agricultural Innovation and the Role of Institutions: Lessons from the Game of Drones*, *J. Agric. Environ. Ethics*, 32, 681–707, <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9703-6>, 2019.
- Fraser, A.: *Land grab/data grab: precision agriculture and its new horizons*, *J. Peasant Stud.*, 46, 893–912, <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1415887>, 2019.
- Freeman, P. K. and Freeland, R. S.: *Politics & technology: U.S. policies restricting unmanned aerial systems in agriculture*, *Food Policy*, 49, 302–311, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.09.008>, 2014.
- Freeman, P. K. and Freeland, R. S.: *Agricultural UAVs in the U.S.: potential, policy, and hype*, *Remote Sens. Appl.: Soc. Environ.*, 2, 35–43, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2015.10.002>, 2015.
- Graham, S. D. N.: *Software-sorted geographies*, *Prog. Human Geogr.*, 29, 562–580, <https://doi.org/10.1191/0309132505ph5680a>, 2005.

- Guggenheim, M.: Laboratizing and de-laboratizing the world: changing sociological concepts for places of knowledge production, *Hist. Human Sci.*, 25, 99–118, <https://doi.org/10.1177/0952695111422978>, 2012.
- Hecht, G.: *Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*, MIT Press, Cambridge, MA, 2011.
- Henke, C. R.: *Cultivating Science, Harvesting Power: Science and Industrial Agriculture in California*, MIT Press, Cambridge, MA, 2008.
- Higgins, V., Bryant, M., Howell, A., and Battersby, J.: Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies, *J. Rural Stud.*, 55, 193–202, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.011>, 2017.
- Holloway, L., Bear, C., and Wilkinson, K.: Robotic milking technologies and renegotiating situated ethical relationships on UK dairy farms, *Agr. Hum. Value.*, 31, 185–199, <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9473-3>, 2014.
- Ingram, J.: Are farmers in England equipped to meet the knowledge challenge of sustainable soil management? An analysis of farmer and advisor views, *J. Environ. Manage.*, 86, 214–228, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.036>, 2008.
- Ingram, J.: Agricultural transition: Niche and regime knowledge systems' boundary dynamics, *Environ. Innov. Soc. Trans.*, 26, 117–135, <https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.05.001>, 2018.
- Julien, A. and Huet, P.: *Agriculture de précision*, in: *Agricultures et Territoires*, edited by: Laurent, C. and Thion, P., Lavoisier, Paris, 223–238, 2005.
- Kitchin, R. and Dodge, M.: *Code/Space: Software and everyday Life*, MIT Press, Cambridge, MA, London, 2011.
- Klerkx, L., Jakku, E., and Labarthe, P.: A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda, *NJAS – Wageningen J. Life Sci.*, 90–91, 100315, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>, 2019.
- Krzywoszynska, A.: What Farmers Know: Experiential Knowledge and Care in Vine Growing, *Sociolog. Rural.*, 56, 289–310, <https://doi.org/10.1111/soru.12084>, 2016.
- Kshetri, N.: The emerging role of Big Data in key development issues: Opportunities, challenges, and concerns, *Big Data Soc.*, 1, 2053951714564227, <https://doi.org/10.1177/2053951714564227>, 2014.
- Laesslé, M. N.: *Le gout du vin: Créativité institutionnelle, appellations et culture du vin en Suisse et en Nouvelle-Zélande*, Editions Alphil, Neuchâtel, 2018.
- Latour, B.: *Science in Action: How to follow Scientists and Engineers through Society*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1987.
- Latour, B.: *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford University Press, Oxford, 2005.
- Law, J. and Mol, A.: Notes on materiality and sociality, *Sociolog. Rev.*, 43, 274–294, <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1995.tb00604.x>, 1995.
- Lefebvre, H.: *The production of space*, Basil Blackwell, Oxford, 1991.
- Legun, K.: Tiny trees for trendy produce: Dwarfing technologies as assemblage actors in orchard economies, *Geoforum*, 65, 314–322, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.03.009>, 2015.
- Lippschutz, R. D.: From local knowledge and practice to global environmental governance, in: *Approaches to Global Governance Theory*, edited by: Hewson, M. and Sinclair, T. J., State University of New York Press, Albany, NY, 259–283, 1999.
- Lubell, M., Niles, M., and Hoffman, M.: Extension 3.0: Managing Agricultural Knowledge Systems in the Network Age, *Soc. Nat. Resour.*, 27, 1089–1103, <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.933496>, 2014.
- Lyon, D.: *Surveillance Studies: An Overview*, Polity Press, Cambridge, 2007.
- McCann, E.: Urban Policy Mobilities and Global Circuits of Knowledge: Toward a Research Agenda, *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, 101, 107–130, <https://doi.org/10.1080/00045608.2010.520219>, 2011.
- McCann, E. and Ward, K.: Relationality/territoriality: Toward a conceptualization of cities in the world, *Geoforum*, 41, 175–184, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.06.006>, 2010.
- McLean, A., Bulkeley, H., and Crang, M.: Negotiating the urban smart grid: Socio-technical experimentation in the city of Austin, *Urban Stud.*, 53, 3246–3263, <https://doi.org/10.1177/0042098015612984>, 2016.
- Michels, M., von Hobe, C.-F., and Musshoff, O.: A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers, *J. Rural Stud.*, 75, 80–88, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.005>, 2020.
- Mogili, U. R. and Deepak, B. B. V. L.: Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture, *Proced. Comput. Sci.*, 133, 502–509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>, 2018.
- Olson, P. and Labuski, C.: 'There's always a [white] man in the loop': The gendered and racialized politics of civilian drones, *Soc. Stud. Sci.*, 48, 540–563, <https://doi.org/10.1177/0306312718792619>, 2018.
- Pigford, A.-A. E., Hickey, G. M., and Klerkx, L.: Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions, *Agricult. Syst.*, 164, 116–121, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.04.007>, 2018.
- Presser, L.: Criminology and the narrative turn, *Crime Media Cult.*, 12, 137–151, <https://doi.org/10.1177/1741659015626203>, 2016.
- Protopop, I. and Shanoyan, A.: Big Data and Smallholder Farmers: Big Data Applications in the Agri-Food Supply Chain in Developing Countries, *International Food and Agribusiness Management Review*, available at: <https://econpapers.repec.org/article/agsifaamr/240705.htm> (last access: 30 April 2020), 2016.
- Puri, V., Nayyar, A., and Raja, L.: Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture, *J. Stat. Manage. Syst.*, 20, 507–518, <https://doi.org/10.1080/09720510.2017.1395171>, 2017.
- Raffestin, C.: Space, territory, and territoriality, *Environ. Plan. D*, 30, 121–141, <https://doi.org/10.1068/d21311>, 2012.
- Ribarics, P.: Big data and its impact on agriculture, *Ecocycles*, 2, 33–34, 2016.
- Rose, D. C., Morris, C., Loble, M., Winter, M., Sutherland, W. J., and Dicks, L. V.: Exploring the spatialities of technological and user re-scripting: The case of decision support tools in UK agriculture, *Geoforum*, 89, 11–18, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.12.006>, 2018.
- Rotz, S., Gravely, E., Mosby, I., Duncan, E., Finnis, E., Horgan, M., LeBlanc, J., Martin, R., Neufeld, H. T., Nixon, A., Pant, L., Shalla, V., and Fraser, E.: Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping la-

- bour and rural communities, *J. Rural Stud.*, 68, 112–122, <https://doi.org/10.1016/j.rurstud.2019.01.023>, 2019.
- Shearmur, R.: Urban bias in innovation studies, in: *The Elgar Companion to Innovation and Knowledge Creation*, edited by: Bathelt, H., Cohendet, P., Henn, S., and Simon, L., Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Northampton, MA, 440–456, available at: https://ideas.repec.org/h/elg/eechap/15485_27.html (last access: 7 April 2020), 2017.
- Thrift, N. and French, S.: The automatic production of space, *T. Inst. Brit. Geogr.*, 27, 309–335, <https://doi.org/10.1111/1475-5661.00057>, 2002.
- Van Es, H. and Woodard, J.: Innovation in agriculture and food systems in the digital age, *Global Innovation Index*, 97–104, available at: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf (last access: 23 April 2020), 2017.
- Vate-U-Lan, P., Quigley, D., and Masoyras, P.: Smart dairy farming through the Internet of Things (IoT), *Asian Int. J. Social Sci.*, 17, 23–36, 2016.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., and Buchmann, N.: Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 6148–6150, <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>, 2017.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., and Bogaardt, M.-J.: Big Data in Smart Farming – A review, *Agricult. Syst.*, 153, 69–80, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>, 2017.
- Zwetsloot, H. M., Nikol, L., and Jansen, K.: The general ban on aerial spraying of pesticides of the European Union: the policy-making process between 1993–2009, Wageningen University, Rural Sociology Group, Wageningen, available at: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/544363> (last access: 11 May 2020), 2018.