

Einsatz von Citizen Science im phänologischen Monitoring der Apfelblüte in Deutschland

OKKE GERHARD¹, NILS WOLF¹ & ALEXANDER SIEGMUND^{1,2}

¹Abteilung Geographie - Research Group for Earth Observation (rgeo) & UNESCO Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation an Welterbestätten und Biosphärenreservaten, Pädagogische Hochschule Heidelberg

²Heidelberg Center for the Environment (HCE), Geographisches Institut, Universität Heidelberg

Zusammenfassung

Mit einer immer weiter voranschreitenden medialen Digitalisierung und der Ausbreitung von mobilen Endgeräten bieten sich für die Wissenschaft neue Chancen der Integration von Laien in wissenschaftliche Prozesse. Diese als Citizen Science bezeichneten Forschungsansätze zwischen Wissenschaftler/innen und Laien bieten vielfältige neue Möglichkeiten der Partizipation und Integration einer sogenannten „crowd“. Besonders großräumige und für breite Bevölkerungsschichten relevante Phänomene wie z.B. der Klimawandel und seine Folgen lassen sich mit Hilfe von Citizen Science-Ansätzen beobachten und erklären. In diesem Zusammenhang bietet sich das Monitoring der Apfelblüte als Bioindikator für den Frühlingsbeginn an. Aufgrund der weiten Verbreitung des Apfelbaums in Deutschland, seiner großen Bekanntheit und der hohen Affinität der Gesellschaft zu dieser Baumart bietet er sich besonders für phänologische Beobachtungen in Rahmen von Citizen Science-Projekten an. Die Integration der „crowd“ in den wissenschaftlichen Prozesse ermöglicht es, die Wahrnehmung und das Verständnis der jeweiligen gesellschaftlichen Akteure (Citizen) für das untersuchte Thema zu erhöhen. Gleichzeitig bieten sich für die

Wissenschaft neue Methoden der Datengewinnung. Diese neue Art der Datenakquise wird aus wissenschaftlicher Sicht, insbesondere aufgrund ihrer unsicheren Datenqualität, noch skeptisch angesehen.

Im Rahmen des öffentlichkeitswirksamen Projekts „Apfelblütenprojekt“ des Südwestrundfunks (SWR) sind im Laufe von elf Jahren nahezu 30.000 Meldungen von Zuhörern und Zuschauern aus Radio und Fernsehen zum Stand der Apfelblüte abgegeben worden. Die Phänologie des Apfelbaums, also die jährlich wiederkehrenden Ereignisse im Lebenszyklus eines Organismus, bietet vielfältige Möglichkeiten zum Monitoring der Folgen des Klimawandels. Besonders die Witterung ist ausschlaggebend für die Ausbildung der Apfelblüten, weshalb sich hier auch für Laien einfache Möglichkeiten ergeben, die Folgen von Klimaveränderungen nachzuvollziehen.

1 Citizen Science in der phänologischen und regionalklimatologischen Forschung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische Ökosysteme sind bereits heute vielerorts in Europa sichtbar. Zunehmende Temperaturen spiegeln sich in länger andauernden Vegetationsperioden und einem früheren Frühlingseintritt wider. Im Monitoring derartiger Klima- und Umweltveränderungen spielen pflanzenphänologische Beobachtungen eine wichtige Rolle. Dabei beschreibt die Phänologie die jährlich wiederkehrenden Ereignisse im Lebenszyklus von Organismen. Diese können z.B. die Knospung und Blüten- oder Fruchtbildung sowie auch die Wanderung von Tieren oder die Anzahl von Populationszyklen pro Jahr sein (Rabitsch & Herren, 2013, S. 52). Verantwortlich für die Ausprägung dieser Effekte sind vordergründig die Temperatur- und Photoperioden, wodurch bereits kleine Änderungen der äußeren Rahmenbedingungen (z.B. eine Veränderung der Temperatur) zeitliche und/oder räumliche Verschiebungen des Auftretens dieser Phänomene nach sich ziehen können (Rabitsch & Herren, 2013).

Bereits heute sind signifikante phänologische Veränderungen infolge des Klimawandels nachzuweisen, laut Menzel et al. (2006a) ist eine Verschiebung der phänologischen Phasen von durchschnittlich 2,5 Tagen pro Dekade zu beobachten. Auch Parmesan & Yohe (2003) unterstützen diese Ergebnisse. Laut ihrer Berechnung tritt der „Vollfrühling“ im Schnitt 2,3 Tage pro Dekade früher ein (vgl. auch Fitchett et al., 2015). Als Ergebnis einer rezenten Klimaerwärmung verschieben sich in Mitteleuropa die phänologischen Ereignisse pro Dekade um einige Tage auf einen früheren Zeitpunkt. Besonders im Frühjahr, z.B. bei der

Blüte, ist dieses Phänomen zu beobachten. Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeigen, dass beispielsweise der Beginn der Apfelblüte – ein Indikator für den Beginn des Vollfrühlings – heute im Schnitt etwa zehn Tage früher einsetzt als noch vor 50 Jahren – eine Veränderung mit vielfältigen Konsequenzen u.a. für die Landwirtschaft und den Obstbau. Während des Sommers und v.a. im Herbst treten derartige Phänomene meist weniger markant zu Tage (Menzel et al., 2006b).

Um die Folgen des Klimawandels auf die Phänologie analysieren zu können ist es notwendig, phänologische Datenreihen in hoher räumlicher Auflösung zu erfassen. Phänologische Daten werden in Deutschland von offizieller Stelle seit 1951 im Auftrag des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erhoben. Im Jahr 2016 betrug die Anzahl der durch geschulte Laien betriebenen Beobachtungsstationen 1.158. Die Zahl der Melder ist jedoch stark rückläufig, was zum großen Teil auf die Altersstruktur der freiwilligen Helfer zurückzuführen ist. So waren im Jahr 1996 beispielsweise noch 2.270 Stationen besetzt, was nahezu eine Halbierung des Beobachtungsnetzes in den letzten zehn Jahren entspricht (Chmielewski, 2005, S. 482; DWD, 2015 und DWD, 2017).

Die fortschreitende mediale Digitalisierung bietet auch für die Wissenschaft vielfältige und erweiterte Möglichkeiten der Datengewinnung, Kommunikation und des Informationsaustauschs. Wissen und Daten sind dabei zunehmend nicht mehr an bestimmte Orte wie Bibliotheken oder lokale Datenbanken gebunden, der Zugriff kann vielmehr durch das Internet jederzeit von nahezu jedem Ort auf der Erde ausgeführt werden. Damit steigen sowohl die Informationsverfügbarkeit wie auch der Austausch zwischen verschiedenen Akteuren, wie etwa zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. In diesem Zusammenhang kommt Citizen Science-Ansätzen, bei denen freiwillige Helfer/-innen („crowd“) am wissenschaftlichen Prozess beteiligt werden, eine neue und vielversprechende Form der Interaktion zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu.

Heute bietet der Einsatz moderner Webtechnologien in Kombination mit crowd-basierten Ansätzen die Möglichkeit die bereits bestehenden, traditionellen Beobachtungsinfrastrukturen zu ergänzen und so die Datenverfügbarkeit hinsichtlich einer arten- und regionspezifischen phänologischen Differenzierung zu ergänzen. Prinzipiell lässt sich so vielerorts die Meldedichte erhöhen und ein umfassenderes Bild der räumlichen und zeitlichen Verschiebung einzelner phänologischer Phasen zeichnen. Zwar ist der Nutzen von Citizen Science-Ansätzen für die Wissenschaft offensichtlich, nichts desto trotz wird die Datenqualität jedoch häufig als kritisch

angesehen, sodass eine genaue Überprüfung und ein Qualitätsmanagement für die Daten gefordert werden (Jackson et al., 2013 und Cox et al., 2015).

Zur Verifizierung der Datenqualität von crowd-sourced phänologischen Meldungen bietet sich der Vergleich mit phänologischen Beobachtungen des DWD an, da diese in einheitlicher Form für ganz Deutschland vorhanden sind. Um einen Vergleich zwischen den verschiedenen Datensätzen durchzuführen ist eine Interpolation der Daten für den gewählten Bezugsraum (z.B. ganz Deutschland) nötig. Die Bewertung der Datenqualität kann nach Ballatore & Zipf (2015) auf den Ebenen der Genauigkeit (accuracy), der Vollständigkeit (completeness) sowie der Konsistenz (consistency) durchgeführt werden. Durch die Bewertung auf diesen drei Ebenen ergibt sich ein umfassendes Bild über die Qualität der phänologischen Meldungen.

Zur Homogenisierung der Datensätze können sogenannte „Outlier Detection“-Methoden verwendet werden. Hierdurch können Ausreißer identifiziert und markiert werden, um anschließend von Experten/-innen genauer analysiert und validiert zu werden. Des Weiteren werden Ausreißer unter Einbezug von Daten einer lokalen Nachbarschaft minimiert. Hierbei werden die einzelnen phänologischen Meldungen der Datensätze in einen räumlichen Bezug zueinander gestellt und abhängig von der Distanz zueinander gewichtet, wodurch letztlich der Effekt von Falschmeldungen minimiert werden kann. Dieser Datenglättung liegt das sogenannte „Tobler’s Law“ zugrunde, welches besagt: „Everything is related to everything, but near things are more related than distant things“ (Tobler, 1970, S. 236). Werden nach einer umfangreichen Datenvalidierung Unterschiede in den phänologischen Daten ersichtlich, so bedarf es eine Analyse, wodurch sich diese Unterschiede erklären lassen? Liegt es z.B. an ungenauen Aufnahmeanweisungen an die crowd? Gegebenenfalls bedarf es einer Anpassung des Citizen Science-Projektes, um wissenschaftlich valide Daten zu generieren.

Studien von z.B. Ballatore & Zipf (2015), Ostermann & Spinsanti (2011) oder Dorn et al. (2015) kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Datenqualität von im Rahmen von Citizen Science-Projekten erhobenen Daten unter Berücksichtigung von problemspezifischen Untersuchungsmethoden nicht generell von professionell erhobenen Daten unterscheidet und somit durchaus die wissenschaftliche Nutzbarkeit gegeben ist (Schmeller et al., 2009). Insbesondere eine Visualisierung der erfassten Daten sowie klare Kommunikation, für welchen Zweck die Daten erho-

ben werden, können sowohl Qualität wie auch Quantität der freiwillig erhobenen Daten erhöhen (Newman et al., 2010 und Hochachka et al., 2012).

Vorteile der Nutzung von Citizen Science-Ansätzen bieten sich vor allem bei großräumigen Phänomenen, welche die Datengenerierung auf herkömmlichem Weg durch die Wissenschaft(-ler) selbst erheblich erschweren oder nicht im notwendigen Umfang ermöglichen. Durch die Einbindung freiwilliger Helfer in den wissenschaftlichen Prozess ist es möglich, umfangreichere Datensätze zu generieren (Hochachka et al., 2012). Damit wird sowohl der Zeit- wie auch der wissenschaftliche Personal- und Kostenaufwand für die Datenerhebung im Vergleich zu traditionellen Erhebungsarten verringert. Dadurch werden für die Wissenschaft einerseits Datensätze geschaffen, die in der Form in räumlicher und zeitlicher Auflösung und z.T. Geschwindigkeit im herkömmlichen Sinne durch die Forscher selbst nicht hätten generiert werden können. Andererseits werden durch die „Externalisierung“ der Datenerhebung auch Ressourcen frei, welche die Wissenschaftler/-innen wiederum zusätzlich in die Analyse der Daten investieren können. Im Hinblick auf eine wissenschaftliche Verwertbarkeit von Citizen Science bzw. crowd-generierten Daten bestehen in Bezug auf Datenqualität und -repräsentativität jedoch besondere Herausforderungen (Sauer mann & Franzoni, 2014 und Wiggins et al., 2011).

Insbesondere umweltrelevante Themen mit einem starken Raumbezug finden eine weitreichende Verbreitung im Bereich von Citizen Science-Ansätzen, da sie einerseits oftmals großräumige Datensätze benötigen. Gleichzeitig haben sie auf die Bevölkerung direkte und greifbare Einflüsse und Auswirkungen (z.B. Veränderungen der Vegetation, Verschiebung der Jahreszeiten), wodurch sie für den Einsatz von Citizen Science prädestiniert sind. Insbesondere der Wissenstransfer zwischen Laien und Experten/-innen steht im Fokus von Citizen Science. Durch die Partizipation von Laien am wissenschaftlichen Prozess wird die Akzeptanz sowie das Verständnis der Öffentlichkeit für die Forschung gefördert und zugleich der Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft gestärkt (Bonney et al., 2009; Dickinson et al., 2010 und Wals et al., 2014). Gesellschaftlich relevante Themen, die an der Nahtstelle von Umweltforschung und Umweltkommunikation angesiedelt sind, erscheinen deshalb für den Einsatz von Citizen Science-Ansätzen als besonders prädestiniert. Gerade im Bereich der Phänologie mit ihrem „greifbaren“ Untersuchungsgegenstand ergeben sich daher für Citizen Science-Ansätze vielfältige Chancen der Nutzung.

Vor diesem Hintergrund wird in der Research Group for Earth Observation (rgeo) der Abteilung Geographie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg das Potenzial von Citizen Science für phänologische Beobachtungen erforscht. Besonders die crowd-basierten Erfassungsmöglichkeiten im Rahmen von Citizen Science-Ansätzen zur räumlich-zeitlich hochauflösenden quasi Echtzeit-Erfassung phänologischer Daten als Grundlage für ein inter- und intraannuelles Klimamonitoring stehen dabei im Vordergrund der Forschung. Exemplarisch umgesetzt wird das Vorhaben am Beispiel der Apfelblüte im Rahmen einer Kooperation mit dem SWR und seiner jährlichen „Apfelblütenaktion“. Bedingt durch die kulturhistorische Bedeutung des Kulturapfels sowie seiner weiten Verbreitung – z.B. auf Streuobstwiesen oder in privaten Gärten – ist die Apfelblüte ein besonders öffentlichkeitswirksamer Indikator des jährlichen lokalspezifischen Witterungsverlaufs. Der Frühlingsbeginn ist besonders positiv im Bewusstsein der Bevölkerung verankert und blühende Bäume stehen symbolisch für diesen „Neubeginn“. Im Kontext von Citizen Science-Ansätzen bietet die Apfelblüte daher besonderes Potenzial, eine möglichst breite Bevölkerungsschicht in die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Klimawandel und seinen Auswirkungen auf die Phänologie einzubinden.

2 Die SWR „Apfelblütenaktion“ als mediales Citizen Science-Projekt

Entwickelt und erprobt werden die verschiedenen Datenvisualisierungs- und Validierungsmethoden zur Apfelblüte mithilfe von Beobachtungsdaten, die im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ erfasst wurden. In diesem bundesweiten Projekt werden Zuhörer- und Zuschauer/innen über Radio- und Fernsehbeiträge sowie das Internet aufgerufen, Entwicklungsstadien der Apfelblüte (Beginn der Blüte, Vollblüte und Ende der Blüte) wie auch weiterführende Informationen über den Standort des Baumes über ein Online-Eingabeformular zu melden. Auf diese Weise konnten seit Beginn der Aktion im Jahr 2006 deutschlandweit bereits ca. 30.000 verortete Meldungen gesammelt werden (vgl. Abb. 1).

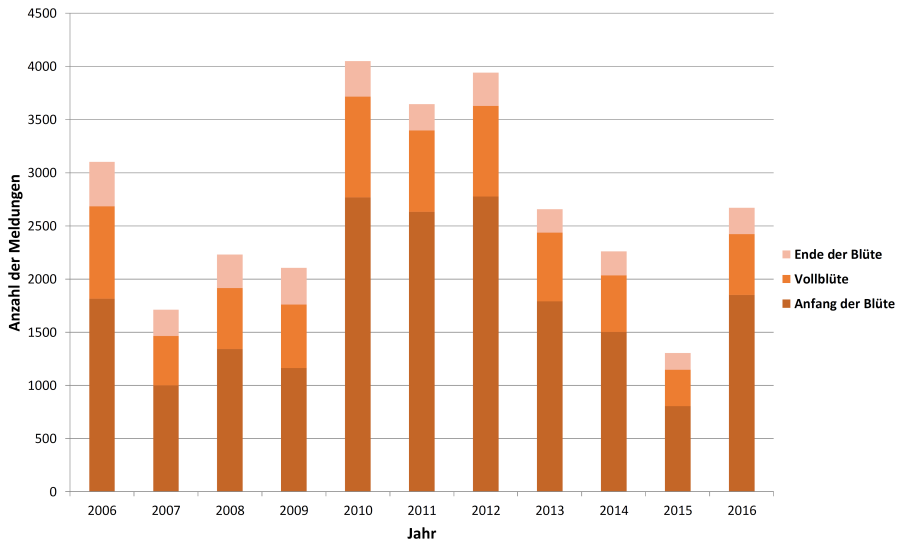


Abbildung 1: Anzahl der Meldungen des SWR-Projektes „Apfelblütenaktion“ pro Jahr (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Dieser umfangreiche Datensatz bildet die Grundlage für die Entwicklung von Methoden zur Aufbereitung, Validitätsprüfung, räumlich-zeitlichen Analyse sowie Geovisualisierung von crowd-sourced phänologischen Daten. In einer ersten prototypischen Umsetzung wurde eine automatisierte Prozesskette zur quasi Echtzeit-Modellierung von Entwicklungsstadien der Apfelblüte entwickelt. Hierdurch können tagesaktuelle Karten und Animationen erstellt werden, welche Feedback an die partizipierenden Melder/innen („crowd“) zurückgegeben. Zusätzlich lassen sich diese Visualisierungen zum Zweck der Umweltbildung und Geoweltkommunikation öffentlichkeitswirksam, z.B. im Fernsehen, im Internet oder in sozialen Medien, platzieren.

3 Phänologische Meldungen und Analyse der „crowd“

Im Rahmen des SWR-Apfelblütenprojektes wurde im Zeitraum von elf Jahren eine Gesamtzahl von 29.939 Meldungen über die verschiedenen Stadien der Apfelblüte abgegeben. Um das Citizen Science-Projekt wissenschaftlich begleiten und

weiterentwickeln zu können, bedarf es einer genauen Analyse der partizipierenden Melder/innen („crowd“).

Die gesamten Meldungen unterteilen sich in 19.441 Beobachtungen zum „Beginn der Blüte“, 7.167 zur „Vollblüte“ und 3.065 zum „Ende der Blüte“ (vgl. Tab. 1). Von der Gesamtzahl der Meldungen konnten 0,38% nicht geocodiert, d.h. räumlich verortet werden. Hinzu kam ein Anteil von 0,49% der Meldungen, die aufgrund von sonstigen Fehlern nicht weiter verwendet werden konnten (z.B. unmögliche Datumseingaben). Somit summiert sich der Gesamtfehler der Meldungen auf 0,87%, womit insgesamt 29.817 verwertbare Beobachtungen für die Analyse zur Verfügung stehen.

Tabelle 1: Blütenmeldungen nach Blütenstatus auf Basis von Meldedaten von SWR-Zuhörern/-Zusehern im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Blütenstatus:	Anzahl der Meldungen:
Beginn der Blüte	19.441 (64,94%)
Vollblüte	7.167 (23,94%)
Ende der Blüte	3.065 (10,24%)
Summe:	29.939 (100%)

Besonders der Beginn der Blüte weist mit ca. zwei Dritteln der Gesamtmeldungen den höchsten Anteil der Blütenmeldungen auf. Dies ist zu großen Teilen darauf zurückzuführen, dass insbesondere der Beginn der Blüte für den Laien leicht zu identifizieren ist und gleichzeitig zu Beginn der Aktion eine hohe Motivation existiert. Zusätzlich besteht eine hohe Affinität zu den Blüten als Frühlingsboten zu Beginn des Frühlings. Sobald Blüten erkenntlich sind, ist zu diesem Status eine Meldung möglich. Die Grenze zwischen den einzelnen phänologischen Phasen ist jedoch teilweise wesentlich schwerer erkennbar. Wann ist z.B. der Übergang zwischen „Beginn der Blüte“ und „Vollblüte“ eines Apfelbaumes erreicht? Wie viele Blüten müssen hierfür komplett geöffnet sein? – diese Unterschiede sind z.T. schwer zu definieren und identifizieren. Weiterhin ist besonders das neue Aufblühen der Bäume im Frühjahr für den Bürger „interessant“ und „spannend“, wodurch hier der Fokus der Beobachtungen liegt. Das „Jagen“ und Melden neu-aufgeblühter Apfelbäume kann hier besondere Freude bereiten und steht somit weitgehend im Fokus der Öffentlichkeit.

Auf jede Meldung zur „Vollblüte“ fallen daher je 2,66 Meldungen zum „Beginn der Blüte“. Noch deutlicher ist diese Differenz mit 1 zu 6,69 zwischen dem „Ende der Blüte“ und dem „Beginn der Blüte“ (vgl. Tab. 2). Anders ausgedrückt, kommen auf jede Meldung für „Beginn der Blüte“ weniger als 50% der Meldungen zur „Vollblüte“, und wiederum weniger als 50% zum „Ende der Blüte“.

Tabelle 2: Verhältnis der Meldungen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ in den verschiedenen Blühphasen zueinander (eigener Entwurf, Daten: SWR).

	Beginn der Blüte	Vollblüte	Ende der Blüte
Beginn der Blüte	-	1 : 0,39	1 : 0,18
Vollblüte	1 : 2,66	-	1 : 0,44
Ende der Blüte	1 : 6,49	1 : 2,37	-

Insgesamt konnte eine Gesamtzahl von 13.521 Melder/innen eindeutig identifiziert werden, die 24.285 Meldungen zum Stand der Apfelblüte abgaben. Anzumerken ist, dass die Möglichkeit besteht, eine Meldung anonym zu übermitteln, woraus sich die Differenz zu der oben genannten Gesamtzahl der Meldungen (29.939) erklären lässt. In die weiteren Analysen werden nur die Meldungen einbezogen, die eindeutig einem einzelnen Melder zuzuordnen sind; anonyme Meldungen werden nicht in die Analyse mit einbezogen.

Ein Großteil der Meldungen (40,79%) wird von „Gelegenheitsmeldern“ abgegeben, die lediglich eine einzelne Meldung abgeben. Erweitert man den Begriff „Gelegenheitsmelder“ auf Beobachter, die insgesamt zwischen einer und drei Meldungen beitragen, so ergibt sich ein Anteil von 65,55% aller Meldungen (vgl. Tab. 3). Die Anzahl an Meldern, die mehr als eine Meldung angeben, nimmt kontinuierlich ab. Trotz allem sind besonders diese wenigen „Vielmelder“ für das Projekt von großer Bedeutung, da sie im Verhältnis zu ihrer Anzahl eine große Menge an Meldungen abgeben. Beobachter die zu insgesamt mehr als zehn Meldungen beigetragen haben, machen lediglich einen Anteil von 1,43% der Gesamtzahl der Melder aus, liefern jedoch mit 7,68% der Meldungen einen überproportional hohen Anteil der Apfelblütenbeobachtungen. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Qualität der einzelnen Meldungen (z.B. die Richtigkeit der gemeldeten phänologischen Phase) mit zunehmender Partizipation steigt. Diese „Vielmel-

der“ liefern somit nicht nur überproportional viele Meldungen, sondern deren Meldungen sind gleichzeitig von höherer Qualität als bei „Gelegenheitsmeldern“.

Tabelle 3: Anzahl der Meldungen pro Melder im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Anzahl Meldungen pro Melder	Anzahl Melder	Gesamtzahl Meldungen	Anteil Meldungen an Gesamt-meldezahl [%]	Kumulierter Anteil an Gesamt-meldeanzahl [%]
1	9.905	9.905	40,79	40,79
2	1.816	3.632	14,96	55,74
3	794	2.382	9,81	65,55
4	332	1.328	5,47	71,02
5	178	890	3,66	74,68
6	102	612	2,52	77,20
7	66	462	1,90	79,11
8	50	400	1,65	80,75
9	55	495	2,04	82,79
10	30	300	1,24	84,03
>10–20	145	2.013	8,29	92,32
>20–30	20	476	1,96	94,28
>30–40	12	429	1,77	96,04
>40–50	7	324	1,33	97,38
>50	9	637	2,62	100,00

Neben der Anzahl der Meldungen, zu denen einzelne Beobachter beitragen, spielt auch die Partizipationsdauer eine wichtige Rolle in der Analyse der „crowd“ von Citizen Science-Projekten. Melder, die mehrere Jahre partizipieren, haben in der Regel ein höheres Wissen bezüglich des Projektes und der damit verbundenen Anforderungen (z.B. an Kriterien der Kartierung und Art des Reporting).

Dementsprechend sind ihre Meldungen zumeist von höherer Qualität. Zudem steuern diese Melder kontinuierlich Daten bei, was eine Datenbasis sichert und über die Jahre zu kontinuierlich wachsenden Datensätzen führt. Ziel eines Citizen Science-Vorhabens sollte es deshalb sein, Nutzer möglichst lange an das Projekt zu binden.

Die Partizipationsdauer der einzelnen Melder schwankt im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ von einem bis zu elf Jahren. Der Großteil der Melder (84,41%) beteiligt sich lediglich ein Jahr an dem Projekt; ihr Beitrag an der Gesamtzahl der Meldungen beträgt 58,93% (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4: Anzahl der Jahre der Partizipation von Melder/innen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Jahre der Partizipation	Anzahl Melder	Anteil an Gesamt-meldern [%]	Anteil an Gesamt-meldungen [%]	Durchschnittliche Anzahl Meldungen pro Jahr
1	11.413	84,41	58,93	1,25
2	1.245	9,21	13,19	1,33
3	392	2,90	6,98	1,50
4	186	1,38	5,11	1,70
5	99	0,73	3,89	1,95
6	75	0,55	3,36	1,86
7	46	0,34	2,54	2,05
8	27	0,20	1,99	2,27
9	21	0,16	2,18	2,85
10	11	0,08	0,95	2,15
11	6	0,04	0,89	3,26

Mit einer zunehmenden Dauer der Mitwirkung von Meldern an dem Citizen Science-Projekt nimmt die Qualität und Anzahl an Meldungen zu, die von einzelnen Meldern abgegeben werden. Melder, die sich ein Jahr beteiligen, tragen

im Schnitt jährlich 1,25 Meldungen bei; wohingegen Melder mit elf Jahren der Mitarbeit durchschnittlich 3,26 Meldungen pro Jahr jährlich beitragen (vgl. Tab. 4) Die durchschnittliche jährliche Anzahl an Meldungen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ nimmt mit jedem Jahr der Partizipation, ausgenommen im Jahr neun und zehn, zu. Zwischen der Anzahl der Jahre und der Anzahl der Meldungen besteht daher eine mittelstarke, positive Korrelation (Pearson R: 0,6604). Es wird ersichtlich, dass eine längere Partizipation mit einer erhöhten Anzahl an Meldungen einhergeht (vgl. Abb. 2), weshalb die Bestrebung besteht, die Beobachter möglichst lange an das Projekt zu binden und durch entsprechende Angebote zur weiteren Mitarbeit zu motivieren.

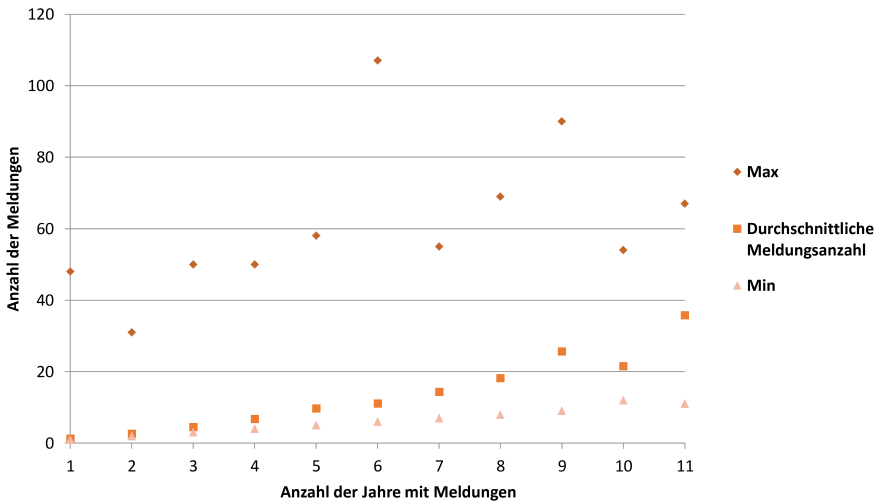


Abbildung 2: Anzahl der Meldungen pro Melder im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ nach Meldungsjahren (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Um die Qualität und Quantität der Meldungen im Rahmen eines Citizen Science-Projektes zu steigern, bedarf es somit umfangreicher Feedbackmethoden und Handlungsanweisungen, die den Nutzer einerseits zur weiteren Mitarbeit motivieren, und andererseits den Meldevorgang an sich vereinfachen. Aus diesem Grund wird im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ z.B. tagesaktuell über den Stand der Apfelblüte in Form von Karten und kleinen Beiträgen auf der Projektwebseite informiert. Zusätzlich wird in unregelmäßigen Abständen in Fernsehsendungen,

wie z.B. „Tagesthemen“, „Wetter vor acht“, „Landesschau“, „Kaffee oder Tee“ oder „Planet Wissen“, ein Sonderbeitrag gesendet. Ergänzend hierzu wurden in den unterschiedlichen SWR Radiosendungen Hinweise auf das Apfelblütenprojekt gesendet. Durch die Präsentation des Projektes auf verschiedenen Plattformen und in unterschiedlichen Formaten konnten möglichst breite und differenzierte potentielle Meldergruppen adressiert werden. Durch das umfangreiche Feedback kann das Ergebnis des persönlichen Handelns nachvollzogen werden und der eigene Beitrag zur Forschung wird folglich ersichtlich. Gleichzeitig werden auf der Projektwebseite umfangreiche Informationen bereitgestellt, die bei der Identifikation der Apfelblüte hilfreich sind, z.B. um Verwechslungen mit anderen Bäumen zu verhindern. Hierdurch kann die Qualität der übermittelten Beobachtungen erhöht werden und gleichzeitig wird im Sinne der Umweltbildung über die wissenschaftlichen Hintergründe und Ziele des Projektes informiert. Der Nutzer wird somit aktiv in das Forschungsprojekt eingebunden.

Neben der Analyse der „crowd“ bezüglich ihrer Partizipation und Quantität der beigetragenen Meldungen, ist eine räumliche Betrachtung der Beobachter sowie der übermittelten Meldungen von Nöten, um Nutzungsmuster zu identifizieren und flächendeckende Ergebnisse zu präsentieren. Besonders bei der Betrachtung großräumiger Phänomene können sich deutliche Unterschiede in der Datenheterogenität ergeben. In Abb. 3 ist exemplarisch die Verteilung der Blütenmeldungen für das Jahr 2016 dargestellt. Der Schwerpunkt der Meldungen liegt auf dem Südwesten Deutschlands (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland und Nordrhein-Westfalen). Allgemein weisen besonders die bevölkerungsreichen Gebiete Deutschlands eine hohe Dichte an Meldungen auf, wohingegen die bevölkerungsarmen Gebiete (z.B. Mecklenburg-Vorpommern) eine sehr viel geringere Dichte aufzeigen. Zurückzuführen ist die räumliche Verteilung jedoch auch auf das primäre Sendegebiet des Südwestrundfunks und der damit besser erreichbaren Bevölkerung vor Ort.

Um diesem Ungleichgewicht zwischen Bevölkerung und Meldungen Rechnung zu tragen, ist in Abb. 4 die Anzahl der Meldungen in Verhältnis zu der Bevölkerungszahl der einzelnen Landkreise gestellt worden. Hieraus ist ersichtlich, dass z.B. große Teile Mecklenburg-Vorpommerns eine gleich hohe Zahl an Meldungen pro Einwohner und damit Meldedichte aufweist, wie z.B. die Regionen in Rheinland-Pfalz oder Baden-Württemberg. Dies relativiert den aus Abb. 3 abge-

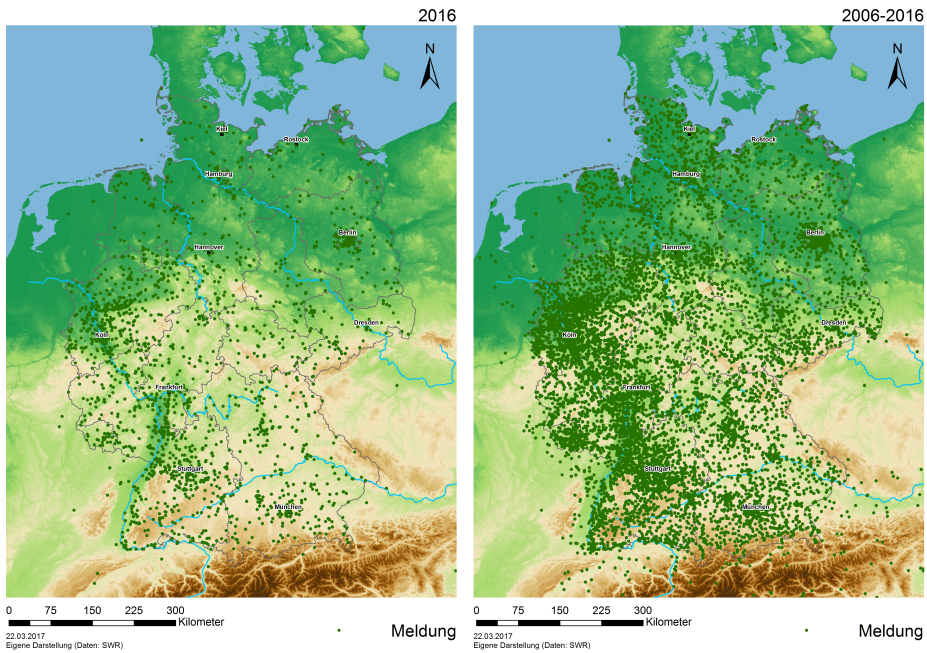


Abbildung 3: Blütenmeldungen im Jahr 2016 (links), Blütenmeldungen alle Jahre 2006–2016 (rechts) im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

leiteten subjektiven Empfinden, dass in diesen Regionen eine wesentlich höhere Partizipation gegeben ist.

Zudem wird deutlich, dass Großstadtregionen (z.B. Berlin, Köln, Stuttgart) geringere Partizipationsgrade aufweisen als umliegende „ländliche“ Regionen. Ist dies z.B. auf eine geringere Anzahl an Apfelbäumen in Städten zurückzuführen oder liegt dies maßgeblich an einem geringeren Partizipationswillen? Um die Gründe für diese statistisch identifizierten Unterschiede zu analysieren, bedarf es einer genaueren Untersuchung und Befragung der „crowd“. Dies hat zudem zur Folge, dass das Citizen Science Projekt effektiver an die Zielgruppe angepasst werden kann und folglich erfolgreicher ist.

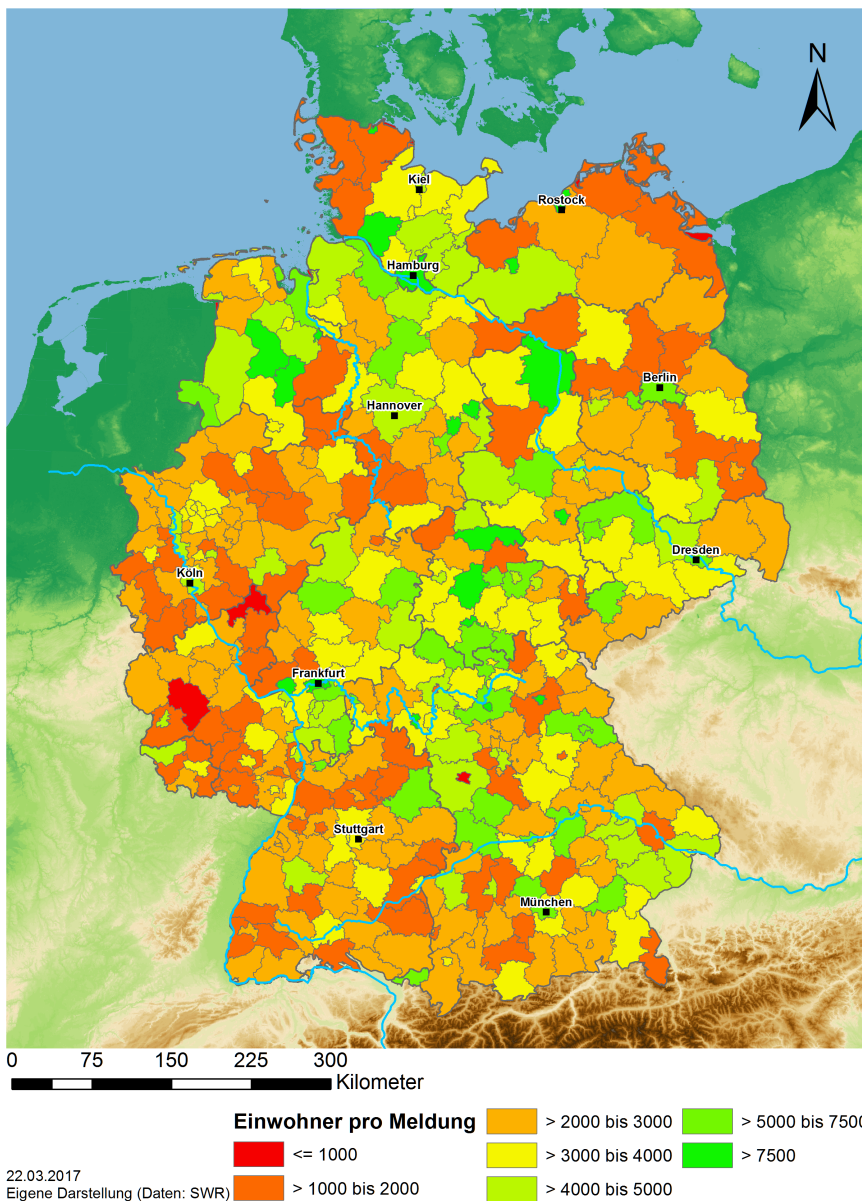


Abbildung 4: Anzahl der Einwohner pro Meldung 2006–2016 nach Landkreisen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

4 Phänologische Zeitreihen-Analyse 2006–2016 zum Verlauf der Apfelblüte in Deutschland

Auf Basis der elfjährigen Beobachtung der Apfelblüte im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ lässt sich der durchschnittliche Blühbeginn der Apfelblüte in Deutschland berechnen (vgl. Abb. 6). Hieraus ergibt sich ein durchschnittlicher Beginn und eine mittlere Dauer der Blühphasen des Apfels in Deutschland, welcher in Abb. 5 dargestellt wird.

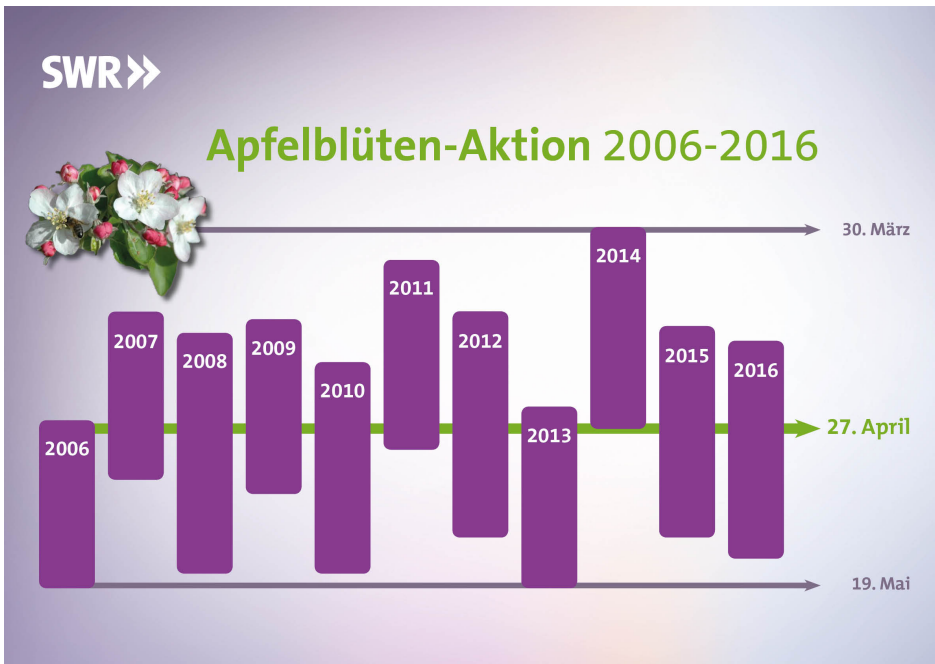


Abbildung 5: Beginn und Dauer der Blühphasen des Apfels in Deutschland, basierend auf Meldedaten von SWR-Zuhörern/-Zuschauern. Quelle: SWR.

Besonders im Bereich des Oberrheingrabens, zwischen Freiburg und Frankfurt sowie in der Kölner Bucht ist aufgrund der klimatischen Verhältnisse der früheste Blühbeginn und damit Frühlingseinzug in Deutschland zu beobachten. Dabei sind die Temperatur und die Sonneneinstrahlung als wichtige Treiber für den Blühbeginn zu identifizieren. Dementsprechend ist besonders die Topographie einzelner

Regionen von großer Relevanz, um die verschiedenen Blühbeginne zu erklären. Mit zunehmender Höhe nimmt in der Regel die durchschnittliche Temperatur ab und es kommt länger im Jahr zu Nachtfrosten. Um blühen zu können, benötigen Apfelbäume jedoch eine längere Warmperiode ohne Nachtfroste, da sich sonst die Blüten nur sehr langsam oder gar nicht entwickeln können. Die Mittelgebirgsregionen, wie z.B. der Schwarzwald, das Rheinische Schiefergebirge oder auch das Erzgebirge sowie der Harz, weisen einen wesentlich verzögerten Blühbeginn auf. So treten ab einer Höhe von ca. 800 m i.d.R. keine flächendeckend blühenden Apfelbäume mehr auf. Auch im Bereich der Alpen ist ab einer Höhe von ca. 800 m keine Apfelblüte mehr möglich. Durchschnitten werden diese Gebiete von größeren Flüssen, in deren Tälern ein früherer Blühbeginn zu identifizieren ist. Besonders auffällig und großflächig sichtbar ist dies im Bereich des Rheins (z.B. Oberrheingraben) und der Donau. Doch auch an Flüssen wie z.B. der Mosel oder dem Main ist die Auswirkung auf das Mikroklima erkenntlich, weshalb sie u.a. auch als gute Weinanbaugebiete zählen. Die Flusstäler weisen hier im Vergleich zu den umliegenden Höhenlagen einen früheren Blühbeginn von bis zu zwei Wochen auf.

In Abb. 7 ist exemplarisch für die Region Heidelberg/Stuttgart der Verlauf der durchschnittlichen Apfelblüte dargestellt. Die Region des Oberrheingrabens ist aufgrund seiner geographischen Lage eine der Regionen in Deutschland mit der frühesten Apfelblüte. Die geschützte Beckenlage zwischen Pfälzer Wald und Odenwald/Schwarzwald sowie die Verbindung über die Burgundische Pforte in das Rhôneetal sind hier entscheidende klimatische Gunstfaktoren. Mediterrane Luft wird so nach Südwestdeutschland transportiert und sorgt hier für ein vergleichsweise mildes Klima, wodurch besonders der Frühlingsbeginn, und somit auch die Apfelblüte, in der Regel früher eintreten, als im Rest Deutschlands. Während im Oberrheingraben ein homogener Beginn der Apfelblüte zu beobachten ist, ist in den höher gelegenen Gebieten des Pfälzerwaldes, des Odenwaldes sowie Schwarzwaldes ein differenziertes Bild zu sehen. Mit der Höhe verschiebt sich der durchschnittliche Blütenbeginn um ca. einen Tag pro 30 Höhenmeter. Dementsprechend weisen die Höhenlagen einen verzögerten Blütenbeginn von bis zu drei Wochen auf. Ab ca. 800 Metern sind nur noch in Ausnahmefällen (z.B. günstige Südexposition) vereinzelte Apfelbäume aufzufinden. Die lokal großen Reliefunterschiede und die damit einhergehenden klimatischen Gradienten ermöglichen hier auf relativ kleinen Raum große Differenzen im Beginn der Apfelblüte.

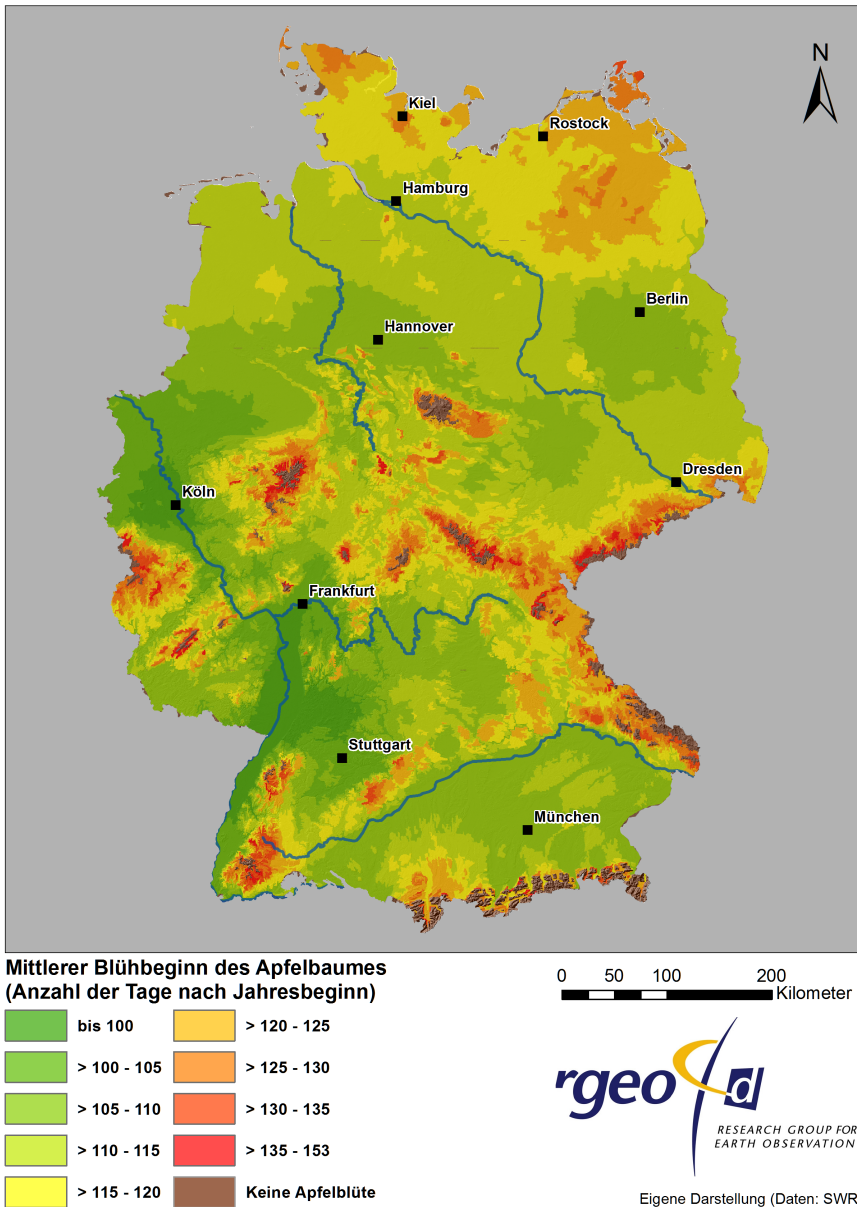


Abbildung 6: Durchschnittlicher Beginn Apfelblüte in Deutschland 2006–2016 auf der Basis von Blütenmeldungen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

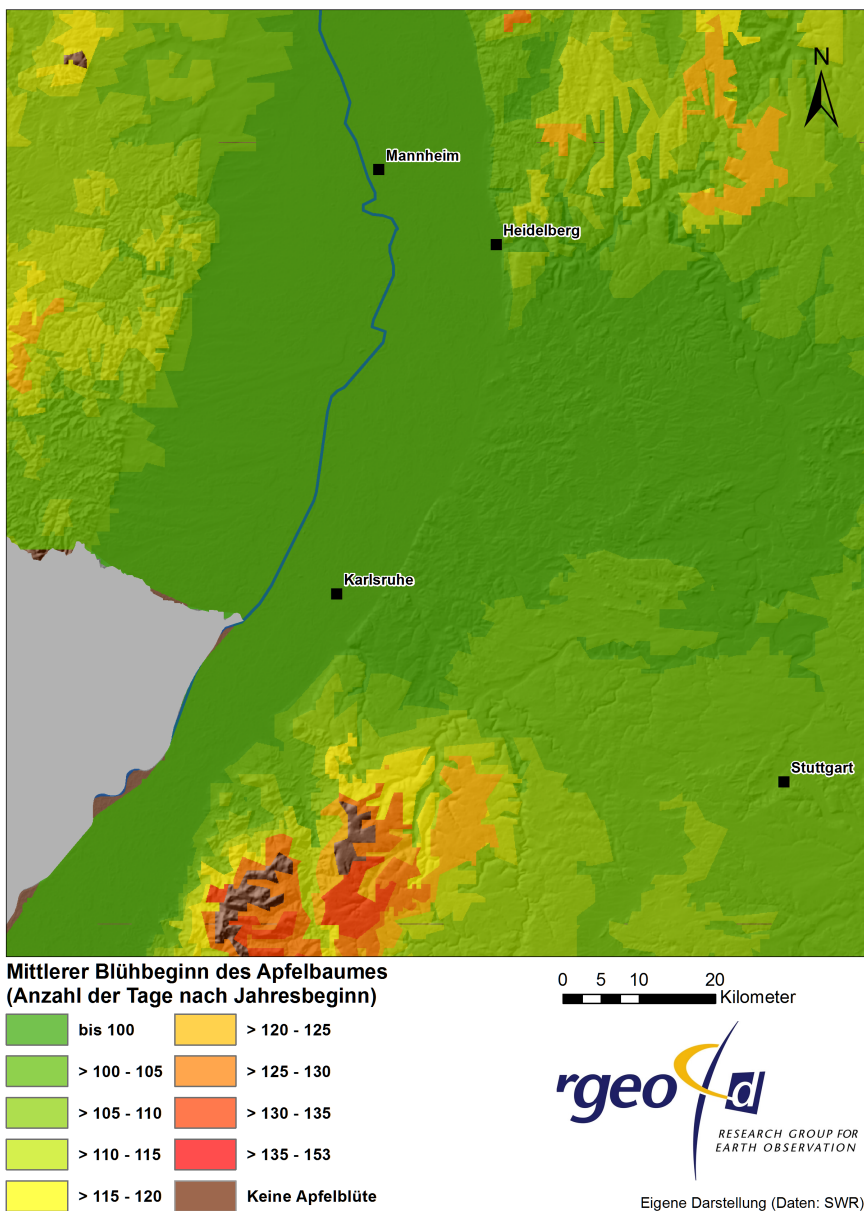


Abbildung 7: Durchschnittlicher Beginn der Apfelblüte 2006–2016 in der Region Heidelberg/Stuttgart auf der Basis von Blütenmeldungen im Rahmen der SWR „Apfelblütenaktion“ (eigener Entwurf, Daten: SWR).

Es zeigt sich somit, dass besonders die Temperatur und die Sonneneinstrahlung als ausschlaggebende Faktoren für den Beginn der Apfelblüte angesehen werden können. Sind die thermischen Gegebenheiten in einer Region aufgrund unterschiedlicher Höhenlagen unterschiedlich, so wird dies in entsprechenden räumlichen Gradienten des Blühbeginns sichtbar. Dabei wandert die Apfelblüte in Deutschland generell von Südwesten nach Nordosten und zieht dabei zeitlich verzögert auch die Mittelgebirgszüge hoch. In Regionen mit großen Reliefunterschieden ergeben sich somit auf vergleichsweise geringen Raum große Unterschiede im Blühbeginn. Nicht betrachtet werden können durch die gegebene Verteilung und Dichte der Meldungen zudem die zu erwartenden Unterschiede zwischen Stadt und Umland. So ist es in Städten in der Regel wärmer als im Umland und die Apfelbäume stehen teils geschützt z.B. in Innenhöfen, wodurch nochmals ein früherer Blühbeginn zu erwarten wäre.

5 Schlussbetrachtung und Ausblick

Der Einsatz von Citizen Science-Konzepten in der phänologischen Beobachtung bietet viele Vorteile. So können umfangreiche und räumlich hochauflösende Datensätze generiert werden, die besonders mit Blick auf räumlich und zeitlich differenzierte Klimaveränderungen sowie den prognostizierten Rückgang des DWD-Meldenetzes immer wichtiger werden. Insbesondere die Qualität der Daten spielt jedoch eine wichtige Rolle, die bei jedem Citizen-Science Projekt genau beobachtet werden muss. Das Einbinden von Bürger/innen in wissenschaftliche Prozesse bringt weiteren Nutzen mit sich. So kann ein Verständnis für das untersuchte Thema aufgebaut werden und der Wissenstransfer zwischen Wissenschaftlern und Laien kann auf einfache Weise von statten gehen, was besonders für gesellschaftlich hoch relevante Themen wie den Klimawandel große Vorteile mit sich bringt.

Die SWR „Apfelblütenaktion“ hat gezeigt, dass in einem Citizen Science-Ansatz eine Vielzahl der Meldungen von „Einzelmeldern“ abgegeben werden, die nur spontan und nicht kontinuierlich an den Projekten partizipieren. Nichts desto trotz bilden die „Vielmelder“ den Grundstock des Citizen Science-Vorhabens, da sie kontinuierlich, verlässlich und in großer Zahl Meldungen abgeben. Im Rahmen des Projektes wurde deutlich, dass besonders der „Beginn der Blüte“, gegenüber der „Vollblüte“ und dem „Ende der Blüte“, einen Großteil der Meldun-

gen ausmachte. Es wurde aufgezeigt, dass mit zunehmender Partizipationsdauer von Beobachtern pro Jahr mehr Meldungen abgegeben wurden. Es lohnt daher, besondere Anreize für die langjährige Partizipation zu schaffen. Weiterhin wurde herausgestellt, dass zwar eine Großzahl der Meldungen aus Ballungsräumen abgegeben wurde, jedoch das Verhältnis von Meldungen zur Bürgeranzahl in den ländlichen Räumen niedriger ist. Von weiterem Interesse ist jedoch eine genauere Klassifikation der „crowd“. Interessante Fragen sind hierbei unter anderen: „Was sind die Beweggründe für die Teilnahme?“, „Wie alt sind die Teilnehmer?“ oder auch „Werden die Teilnehmer ihrer Meinung nach ausreichend informiert und in das Projekt eingebunden?“. Auf Grundlage einer umfassenderen Klassifikation lässt sich das Projekt noch besser anpassen und die Teilnehmer werden noch besser in den wissenschaftlichen Prozess integriert.

Letztlich konnte auf Basis der elfjährigen Beobachtungen der durchschnittliche Blühbeginn in Deutschland errechnet werden. Es zeigt sich dabei, dass die früheste Blüte in den Regionen des Oberrheingraben und der Kölner Bucht eintritt. Insgesamt ist eine Wanderung von Südwesten nach Nordosten zu erkennen. Insbesondere das Relief beeinflusst dabei die klimatischen Bedingungen und die Temperatur und die Sonneneinstrahlung sind als wichtigste Faktoren der Apfelblüte zu benennen. Somit weisen höher gelegene Standorte einen verzögerten Blühbeginn aus. In Einzelfällen (z.B. im Rheintal) können kleinräumige Reliefunterschiede den Beginn der Apfelblüte maßgeblich verzögern, wodurch sich trotz geographischer Nähe Unterschiede im Blühbeginn ergeben.

Besonders im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels, bietet sich die Nutzung von Citizen Science an, da hierdurch die Bürger direkt sensibilisiert werden können. Der Einsatz von Citizen Science in der phänologischen Forschung bietet somit viele Vorteile. Aufgrund der großräumigen Verbreitung von Apfelbäumen ist eine Übertragbarkeit auf weitere Regionen außerhalb Deutschlands möglich. Weitere offene Forschungsfragen zielen besonders auf die Beweggründe der partizipierenden „crowd“ ab, wie z.B.: „Welche Beweggründe liegen der Partizipation einzelner Melder zugrunde?“, „Gibt es Unterschiede zwischen Stadt- und Landbevölkerung und worauf basieren diese Unterschiede?“ oder auch „Wie können die Melder über einen längeren Zeitraum an und in das Projekt (ein)gebunden werden?“.

Anzumerken ist jedoch, dass die generelle Partizipation am Citizen Science-Projekt „Apfelblüte“, wie auch bei anderen Projekten, sehr stark von der Bewer-

bung dieser Projekte abhängt. Zwar sind zentrale Anlaufstellen wie www.buergerschaffwissen.de vorhanden, um Citizen Science-Projekte zu promoten und vorzustellen. Eine gezielte Werbung, z.B. in TV- und Radioprogrammen, erreicht jedoch wesentlich größere potenzielle Nutzergruppen und ermöglicht so eine besser Bekanntheit der Projekte. Weiterhin können externe Faktoren wie z.B. das Wetter eine große Rolle spielen. Nicht nur „schlechtes“ Wetter beeinflusst die Apfelblüte direkt, auch die Anzahl der Meldungen kann hiervon negativ betroffen werden. Da Citizen Science-Projekte immer von der freiwilligen Partizipation der crowd abhängig sind, kann eine heterogene Verteilung und Partizipation, besonders auch über mehrere Jahre, zu Problemen der Vergleichbarkeit der ermittelten Daten führen. Trotz dieser limitierenden Faktoren hat das Projekt „Apfelblüte“ gezeigt, dass Citizen Science-Projekte als neue Form der Wissenschaft, Lücken der traditionellen phänologischen Forschung schließen können und somit einen wichtigen Beitrag für das Monitoring der Apfelblüte in Deutschland leisten.

Danksagung

Die Autoren danken dem Südwestrundfunk und Herrn Uwe Gradwohl, Leiter der Redaktion Wissen, für die gute Zusammenarbeit und die Bereitstellung der Daten des Projektes „Apfelblüte“.

Literatur

- Ballatore, A. & A. Zipf (2015): A conceptual quality framework for volunteered geographic information. In: COSIT 2015 Conference on Spatial Information Theory XII, Lecture Notes in Computer Science: 89–107.
- Bonney, R., Cooper, C., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K., Shirk, J. (2009): Citizen science. A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. In: *BioScience* 59 (11): 977–984.
- Chmielewski, F.-M. (2005): Biometeorologie. In: Hupfer, P. & W. Kuttler (2005): *Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie*. 11. Auflage. Wiesbaden.
- Cox, J., Oh, E. Y., Simmons, B., Lintott, C., Masters, K., Greenhill, A., Graham, G., Holmes, K. (2015): Defining and measuring success in online citizen science: A case study of Zooniverse projects. In: *Computing in Science & Engineering* 17 (4): 28–41.

- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., Bonter, D. N. (2010): Citizen Science as an ecological research tool: Challenges and benefits. In: *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41: 149–172.
- Dorn, H., Törnros, T., Zipf, A. (2015): Conceptual workflow for automatically assessing the quality of volunteered geographic information for crisis management. In: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2015 (4): 1657–1671.
- DWD (2015): Phänologie. Online unter: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/phaenologie_node.html;jsessionid=64341CB773C921807161A19C6F2D163B.live21064. Abgerufen am 20.12.2015.
- DWD (2017): Daten Deutschland. Online unter: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/daten_deutschland/daten_deutschland_node.html;jsessionid=C6A6ECED9741A156070183FD8A989FAB.live11041. Abgerufen am 26.04.2017.
- Fitchett, J.M., Grab, S.W., Thompson, D.I. (2015): Plant phenology and climate change: Progress in methodological approaches an application. In: *Progress in Physical Geography* 39 (4): 460–482.
- Hochachka, W., Fink, D., Hutchinson, R., Sheldon, D., Wong, W-K., Kelling, S. (2012): Data-intensive science applied to broad-scale citizen science. In: *Trends in Ecology & Evolution* 27 (2): 130–137.
- Rabitsch, W. & T. Herren (2013): Klimawandeleffekte heute: Welche Änderungen finden bereits statt? In: Essl, F. & W. Rabitsch (2013): *Biodiversität und Klimawandel – Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Heidelberg. S. 52–58.
- Jackson, S. P., Mullen, W., Agouris, P., Crooks, A., Croitoru, A., Stefanidis, A. (2013): Assessing completeness and spatial error of features in volunteered geographic information. In: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2: 507–530.
- Menzel, A., Sparks, Th., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, FM., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišova, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A.J.H., Wiegolaski, F.E., Zach, S., Züst, A. (2006a): European phenological response to climate change matches the warming pattern. In: *Global Change Biology* 12: 1969–1976.
- Menzel, A., Sparks, Th., Estrella, N., Roy, D.B. (2006b): Altered geographic and temporal variability in phenology in response to climate change. *Global Ecology and Biogeography* 15: 498–504.

- Newman, G., Zimmerman, D., Crall, A., Laituri, M., Graham, J., Stabel, L. (2010): User-friendly web mapping: Lessons from a citizen science website. In: *International Journal of Geographical Information Science* 24 (12): 1851–1869.
- Ostermann, F. O. & L. Spinsanti (2011): A conceptual workflow for automatically assessing the quality of volunteered geographic information for crisis management. In: Geertman, S., Reinhardt, W., Toppen, F. (Eds.): *Proceedings of AGILE 2011*: 1–6.
- Parmesan, C. & G. Yohe (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. In: *Nature* 421: 37–42
- Sauermann, H. & C. Franzoni (2015): Crowd science user contribution patterns and their implications. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (3): 679–684.
- Schmeller, D., Henry, P., Julliard, R., Gruber, B., Clobert, J., Dziock, F., Lengyel, S., Nowicki, P., Deri, E., Budrys, E., Kull, T., Tali, K., Bauch, B., Settele, J., van Swaay, C., Kobler, A., Babij, V., Papastergiadou, E., Henle, K. (2009): Advantages of volunteer-based biodiversity monitoring in Europe. In: *Conservation Biology* 23 (2): 307–316.
- Tobler W. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. In: *Economic Geography* 46 (Supplement): 234–240.
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., Stevenson, R. B. (2014): Convergence between science and environmental education. In: *Science* 344(5): 583–584.
- Wiggins, A., Newman, G., Stevenson, R. D., Crowston, K. (2011): Mechanisms for data quality and validation in citizen science. In: *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on e-Science*: 14–19.

Über die Autoren

Okke Gerhard (M.Sc. Geographie) studierte Geographie an der Georg-August-Universität Göttingen sowie an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Seit 2015 ist Herr Gerhard in der Abt. Geographie - Research Group for Earth Observation (rgeo) tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Geoinformation, Citizen Science, Erneuerbaren Energien und Raumplanung.

Dr. Nils Wolf hat am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum Geographie mit der Vertiefungsrichtung Geomatik studiert. Im Jahr 2014 wurde er am dortigen Lehrstuhl für Geo-Fernerkundung promoviert. Seit 2014 ist Herr Wolf in der Abt. Geographie - Research Group for Earth Observation (rgeo), an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Fernerkundung und Geoinformationstechnologien.

Prof. Dr. Alexander Siegmund studierte Wirtschaftspädagogik und Geographie an der Universität Mannheim. Anschließend war er dort als wiss. Mitarbeiter und Hochschulassistent am Lehrstuhl für Physische Geographie und Länderkunde tätig und promovierte 1997. Nach dem Zweiten Staatsexamen und einer ersten Professur in Karlsruhe ist er seit 2004 Professor für Physische Geographie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und seit 2006 Honorarprofessor an der Universität Heidelberg. Prof. Siegmund hat seit 2016 den UNESCO-Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation inne und leitet die Abt. Geographie - Research Group for Earth Observation (rgeo). Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Geoökologie, Klimageographie und Geokommunikation sowie dem Einsatz moderner Geoinformationstechnologien.

Korrespondenz:

Prof. Dr. Alexander Siegmund
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Institut für Naturwissenschaften, Geographie und Technik
Czernyring 22
69115 Heidelberg
E-Mail: siegmund@ph-heidelberg.de
Homepage: <http://www.rgeo.de/de/p/siegmundalexander/>