

dergartenbau

Das Schweizer Fachmagazin

www.dergartenbau.ch | 141. Jahrgang | 29. Oktober 2020 | 21/2020



Garten- und Landschaftsbau

**Minibagger und
Anbauwerkzeuge** | 14

Fokusthema

**Treppenanlagen mit
Sunset-Sitzstufen** | 18

Landschaftsarchitektur

**«VegEye» – Solidago gigan-
tea aus der Luft erkennen** | 22

Fachhandel

**Wohin geht die Reise –
Erkenntnisse aus der IHT** | 36



«VegEye» – *Solidago gigantea* aus der Luft erkennen

Im Forschungsprojekt «VegEye» am Institut für Landschaft und Freiraum an der Ostschweizer Fachhochschule in Rapperswil werden die Anwendungsmöglichkeiten von hochaufgelösten, multispektralen Drohnenaufnahmen für den Naturschutz und die Landschaftsarchitektur erprobt.

Text: Cengiz Akandil, Oiza Otaru, Patricia Meier, Jasmin Joshi, ILF, OST, Rapperswil

1 | Die Spätblühende Goldrute in einer Riedwiese.

2 | Die «eBee SenseFly X»-Drohne kurz vor einem Flug.

Invasive Neophyten

Alle kennen Christoph Kolumbus, aber nicht viele kennen die Tainos, das indigene Volk, das Kolumbus in der Karibik antraf. Obwohl die Tainos heute nicht mehr existieren, haben einige Begriffe ihrer Sprache und interessanten Kultur wie Kanu, Hurrikan oder Namen ihrer Nutzpflanzen – Tabak, Mais und «potatoes» – bis heute überlebt. Ihre Nutzpflanzen haben wie Hunderte anderer Pflanzenarten seit der europäischen Kolonisierung Amerikas, also seit 1492, die Schweiz erreicht. Mittlerweile gibt es zwischen 500 und 600 solcher Neophyten – gebietsfremde Pflanzenarten aus anderen biogeografischen Regionen – in der Schweiz^[1], wovon 58 zu den invasiven oder potenziell invasiven Neophyten gezählt werden. Seit 2012 sind 15 dieser invasiven Neophyten in der revidierten Freisetzungsverordnung (FrSV) der Schweiz gelistet^[2]. Das bedeutet, dass diese Pflanzenarten weder eingeführt, verschenkt, verkauft, transportiert, vermehrt, angepflanzt noch gepflegt werden dürfen.



Bilder: Jasmin Joshi

Die prächtig gelb blühende Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und die Spätblühende Goldrute (*Solidago gigantea*) sind die häufigsten invasiven Neophyten der Schweiz und in der Freisetzungsverordnung aufgeführt (vgl. Kasten links). Beide Arten wurden als exotische Zierpflanzen aus Nordamerika eingeführt. Damals von Gärtnern und Imkern gleichermaßen geliebt, haben sich diese zwei attraktiven Blühstauden des Spätsommers rasch über botanische Gärten in Europa verbreitet und sich von da in den Privatgärten und schliesslich an Wildstandorten festgesetzt.

Ausbreitung von *Solidago gigantea*

S. gigantea wurde in Europa in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Frankreich, 1832 in Deutschland und, in einem ersten

Massenvorkommen, 1848 an der Donau in Ungarn in der Natur gesammelt. Die Geschwindigkeit, mit der sich diese invasive, gebietsfremde Art ausbreitete, wurde anhand herbarisierter Pflanzen und Literaturangaben auf etwa 910 km² pro Jahr geschätzt.

Ihren Ausbreitungserfolg verdankt die Spätblühende Goldrute u.a. ihrer hohen Konkurrenzkraft sowie Anpassungs- und Ausbreitungsfähigkeit. Als Pflanzen der hohen Prärie, der Feuchtgebiete und Hochstaudenfluren Nordamerikas überlegen die bis 2,5 m hohen, mehrjährigen, spät blühenden Stauden die meisten ihrer Konkurrenzpflanzen in Europa. Sie können jährlich pro Pflanze über 10000 Samen produzieren und sich über Wurzel- ausläufer (bis zu 300 Ausläufer pro m²)

effizient an einem Standort ausbreiten und halten. *S. gigantea* bevorzugt zwar, zumindest zeitweise, feuchte Standorte, zeigt aber eine hohe Toleranz bezüglich Nährstoffen und pH-Wert des Bodens. Im Gegensatz zu ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet in Nordamerika, werden die Pflanzen in Europa zudem (noch) kaum von Insekten geschädigt.

Gefährdung artenreicher Riedstandorte

So ist es wenig überraschend, dass sich diese Staude in Feuchtgebieten der Schweiz massiv ausbreitet und vor allem an ursprünglich artenreichen Riedstandorten ausgedehnte Massenbestände entwickelt, die die natürliche Vegetation zurückdrängen.

Deshalb wird in der Schweiz die Spätblühende Goldrute insbesondere in Naturschutzgebieten (meist in Riedwiesen und Flachmooren) aufwendig bekämpft. Durch mindestens zweimaliges tiefes Mähen im Mai und im August vor der Blüte wird versucht, die Goldrutenbestände langfristig zu kontrollieren, indem so die Pflanzen geschwächt werden und das Versamen verhindert wird. Kleinere Bestände werden von Hand mit den Wurzelrhizomen ausgerissen. Die Rhizome müssen in der Kehrrichtverbrennungsanlage^[4] entsorgt werden.

Im Kaltbrunner Riet fallen trotz kostengünstiger Einsätze u.a. durch Freiwillige pro Jahr 6500 bis 11000 Franken für 500 bis 700 Arbeitsstunden an^[5]. Nach der Prävention, also dem Verhindern der Einschleppung invasiver Organismen, ist die Kontrolle von kleinen Beständen am kostengünstigsten. Das Entdecken von solchen kleinen, nicht blühenden Beständen, beispielsweise in Hochstaudenrieden zwischen Landschilfbeständen, ist aber meist schwierig.

VegEye – automatisiertes Erkennen aus der Luft

Das automatisierte Erkennen von Goldrutenbeständen aus der Luft mittels Drohnen könnte eine Methode sein, um schnell die Grösse von Goldrutenbeständen in unwegsamem Gelände abschätzen zu können. Im Forschungsprojekt «VegEye» am Institut für Landschaft und Freiraum (ILF) an der Ostschweizer Fachhochschule (OST) in Rapperswil werden die Anwendungsmöglichkeiten von hochauflösenden, multispektralen Drohnenaufnahmen für den Naturschutz und die Landschaftsarchitektur erprobt^[6].



Um die Präzision der Drohnenaufnahmen für Naturschutzprobleme zu überprüfen, wurden seit Frühling 2020 drei unterschiedliche Naturschutzgebiete in den

Kantonen Zürich, St. Gallen und Thurgau mit einer «eBee SenseFly X»-Drohne überflogen. Diese Drohne – eigentlich ein Flächengleiter – wurde mit einer «S.O.D.A. 3D»-Kamera für RGB-Bilder und einem

Kultivierung der Kanadischen und der Spätblühenden Goldrute in Europa

Die Kanadische Goldrute (*S. canadensis*) wird 1632 zum ersten Mal in der Literatur erwähnt und wurde zu dieser Zeit in London und Paris kultiviert: in London durch die Brüder Tradescant – englische Pflanzenhändler – und in Paris durch die Familie Robin, die Gärtner des Königs. Beide Familien hatten enge Kontakte zu den Kolonien im Osten der USA und in Kanada und beide Familien tauschten häufig Pflanzen aus.

Die Spätblühende Goldrute (*S. gigantea*) wurde erst 100 Jahre später, 1758, in London zum ersten Mal in Europa kultiviert und taucht zu der Zeit auch in Paris auf.

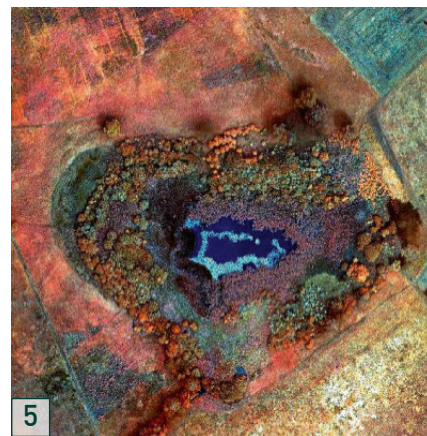
Auf den ersten Blick kann man die Spätblühende Goldrute fast nicht von der Kanadischen Goldrute unterscheiden. Ein gutes Unterscheidungsmerkmal ist jedoch der glatte und manchmal wächserne Stängel im Vergleich zur Kanadischen Goldrute, deren Stängel, zumindest unten, behaart sind. Beide Arten gehören zum Artenkomplex der Goldruten Nordamerikas. Nur sechs der gesamthaft 120 Goldrutenarten sind in Europa oder Asien einheimisch, vier in Südamerika und acht in Mexiko^[3]; die restlichen Arten stammen alle aus Nordamerika. Genetische Analysen lassen vermuten, dass die Spätblühende Goldrute aus zwei nordamerikanischen Gegenden nach Europa eingeführt wurde, aus Neuengland und den südlichen Appalachen.



3 | Landsat-Aufnahme des Entenseelis (roter Rahmen) mit einer Auflösung von 30m (20.8.2020).



4 | RGB-Bild des Entenseelis mit einer Auflösung von 6 cm (17.8.2020).



5 | Falschfarbendarstellung der Multispektralaufnahmen des Entenseelis mit einer Auflösung von 6 cm (17.8.2020).

«MicaSense RedEdge-MX»-Sensor für Multispektralaufnahmen bestückt. Im Prinzip zeigen auch Satellitenaufnahmen die Vegetation von oben. Jedoch ist die Auflösung solcher Satellitendaten (z. B. die Daten des Landsat-Satelliten) nicht vergleichbar mit derjenigen von Drohnenaufnahmen.

Neben dem Kaltbrunner Riet wurde auch die Vegetation der Nussbaumerseen⁽⁷⁾ und der Ufenau im Zürichsee erfasst. Während auf einer Begehung der Ufenau Ende Juni 2020 keine Bestände von *S. gigantea* gesichtet wurden, war die Art aber, blühend und nicht blühend, im Kaltbrunner Riet und an den Nussbaumerseen vorhanden. Die Ufenau-Aufnahmen dienen deshalb als Kontrolle für Naturschutzflächen ohne Bestände von *S. gigantea* und als zusätzlicher Perimeter zum Erfassen der Schilfbestände. Für das Kaltbrunner Riet hat ProNatura Karten mit den Pflegemassnahmen und Deckungsschätzungen der Goldrutenbestände zur Verfügung gestellt. Somit können die aus den Drohnenaufnahmen abgeleiteten Deckungsschätzungen mit bisherigen Daten verglichen werden.

Von der Aufnahme bis zur verwertbaren Darstellung

Das Produzieren von präzisen Drohnenaufnahmen ist ein langwieriger Pro-

zess. Die von der Sonne einfallende Strahlung ist von Faktoren wie Bewölkung, Dunst und Sonneneinfallswinkel abhängig. Um Drohnenaufnahmen auch über verschiedene Wetterbedingungen hinweg vergleichen zu können, müssen die Bedingungen vor jedem Flug dokumentiert werden. Diese Wetterdaten dienen dann als Grundlage für atmosphärische Korrekturen. In den multispektralen Bildern wird zudem eine radiometrische Kalibrierung durchgeführt. Diese berücksichtigt die Position der Sonne und des Sensors, wie viel Licht den Boden erreicht, sowie die Belichtungsdaten der Kamera. Diese Korrekturen wandeln die Rohdaten in Oberflächenreflexionswerte um. Ohne diese robuste Kalibrierung können die Flugaufnahmen nicht miteinander verglichen werden. Eine korrekte Kalibrierung ist daher einer der entscheidenden Schritte vor der Bildanalyse.

Sobald ein Flug erfolgreich abgeschlossen ist, werden die geografischen Koordinaten jedes Fotos automatisch in einer separaten Datei auf der Kamera gespeichert. Später, am Arbeitsplatz, werden die während des Fluges aufgenommenen Bilder den geografischen Koordinaten zugeordnet, was als Geotagging bezeichnet wird. Das Geotagging der Fotos ist ein weiterer wichtiger Schritt für die Präzision der Karten. Für jeden Flug wurde aus den georeferenzierten Bildern ein Orthomosaik und ein digitales Oberflächenmodell (DOM) erstellt. Die so gewonnenen Orthomosaik besitzen eine sehr hohe Auflösung von 2 bis 6 cm.

Bildanalyse

Indem die Informationen aus zwei oder mehr Spektralbändern kombiniert werden, können Indizes erzeugt werden, die

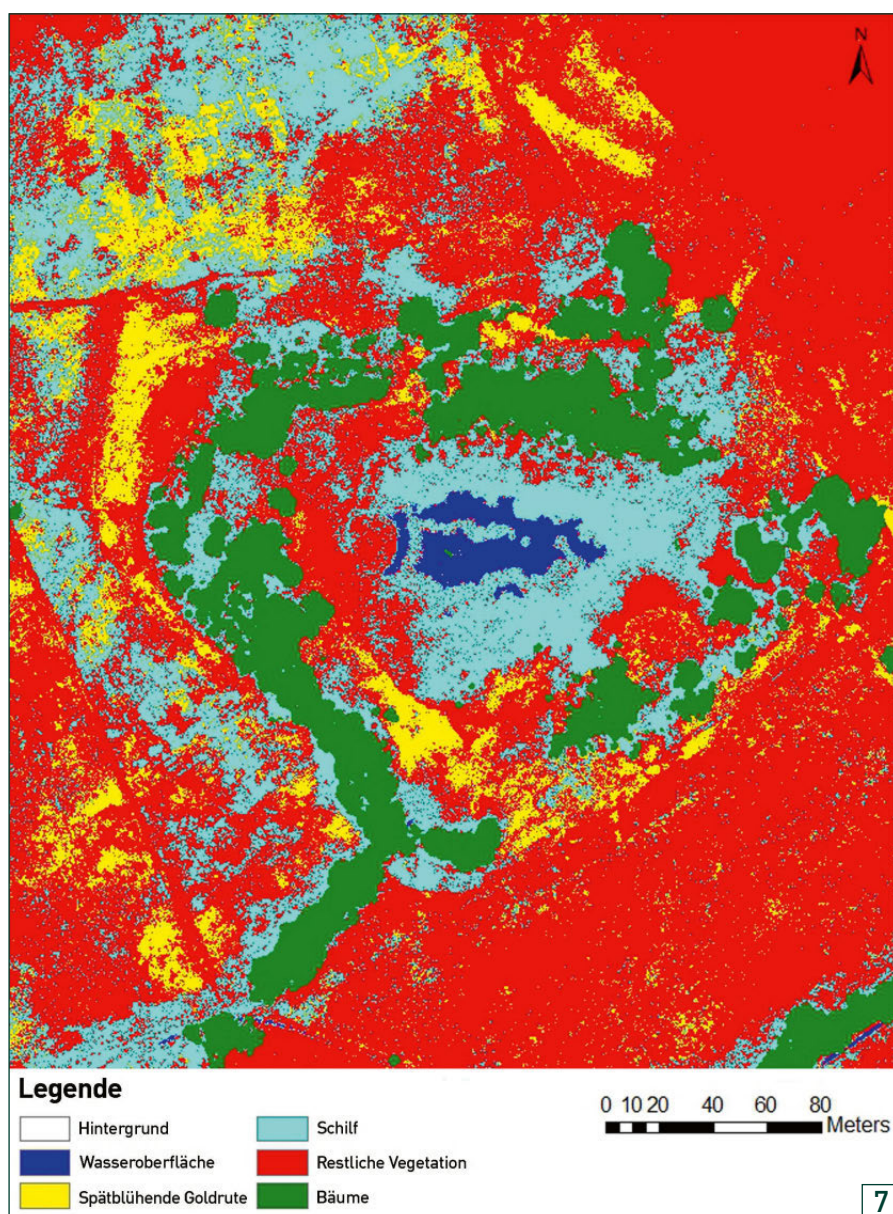
z. B. dazu dienen, Wasserflächen abzugrenzen oder Pflanzen zu identifizieren. Um den Wasserbereich zu identifizieren und zu maskieren, kam der sogenannte «Blue Chromatic Coordinate (BCC)»-Index zum Einsatz. Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis des blauen Bands zur Summe des roten, grünen und blauen Bands. Alle Pixel der Flugaufnahme, die ein dominantes blaues Band aufweisen, können dem Wasserkörper zugeschrieben werden. Die Bäume lassen sich aus dem digitalen Oberflächenmodell identifizieren.

Nachdem die Wasserkörper und die Bäume auf den Flugbildern isoliert worden sind, werden die vorher mit GPS eingemessenen Pflanzen der Spätblühenden Goldrute analysiert. Es zeigte sich jedoch, dass der spektrale Fussabdruck von Schilf und der vegetativen Goldrute ohne Blüten zu ähnlich ist, um die beiden Arten nur auf der Basis der RGB-Bilder präzise unterscheiden zu können. Die Kombination der RGB-Bilder mit den multispektralen Daten hat die Ergebnisse jedoch erheblich verbessert. So ist man nun in der Lage, mit einer geringen Fehlerwahrscheinlichkeit die vegetativen Goldruten vom Schilf zu unterscheiden. Im Geländeausschnitt des Entenseelis im Kaltbrunner Riet sind 10% der Fläche mit der Spätblühenden Goldrute, 20% mit Schilf und 12% der Fläche mit Bäumen bedeckt. Die Fehlerwahrscheinlichkeit der Klassifizierung, die dieser Schätzung zugrunde liegt, wurde auf der Grundlage eines Maximum-Likelihood-Algorithmus durchgeführt. Dieser berechnet die Wahrscheinlichkeiten der Kategorienzugehörigkeit jedes Pixels in den Flugbildern. Um die Ergebnisse der Kategorienzugehörigkeit zu validieren, wurde in einem weiteren Schritt ein Kappa-Koeffizient berechnet. Der zeigt auf, um welchen Anteil der Fehler durch den Klassifikationsalgorithmus reduziert



6 | Detailansicht des Entenseelis auf einem RGB-Bild der Drohne (17.8.2020).

7 | Die erzielte Klassifizierung des Geländeausschnitts um das Entenseeli im Kaltbrunner Riet.



Technikentwicklung versus Ausbreitungsgeschwindigkeit

In den letzten fünf Jahrhunderten haben Neophyten die Landschaft, die Kultur, die Wirtschaft und die Gesellschaft Europas geprägt. Die «potatoes» brachten z.B. Wohlstand nach Irland (vgl. Kasten S. 22). Der Überseehandel verursachte aber auch eine der grössten Tragödien in der Geschichte der Menschheit. Die Kartoffelfäule wurde Mitte des 19. Jahrhunderts von ihrem Ursprungsgebiet in Mexiko zuerst nach Belgien und danach nach Grossbritannien verschleppt, zerstörte in Irland die Ernte und liess 1 Million Menschen verhungern. Sie verursacht heute noch weltweit geschätzte 6 Milliarden Dollar Kosten pro Jahr zur Bekämpfung.

S. gigantea – einst ein Schmuckstück der Schlossgärten – ist zu einer Bedrohung für einheimische Ökosysteme geworden. Wir leben heute im 21. Jahrhundert und die Globalisierung vereinfacht und beschleunigt den Artenaustausch zwischen Kontinenten schneller als je zuvor. Die Frage ist, ob Ökologinnen und Ökologen mithilfe der Entwicklung neuer Techniken zur Kontrolle der Ausbreitung invasiver Arten damit Schritt halten können. |

Quellenangaben, weiterführende Literatur und Linkliste (im Text nummeriert⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾): dergartenbau.ch (Stichwortsuche: VegEye).



werden kann im Vergleich zu einer zufällig durchgeführten Klassifikation. Der erreichte Kappa-Koeffizient von 0,938 bedeutet, dass der angewandte Klassifikationsprozess 93,8% der Fehler gegenüber einer zufällig erzeugten Klassifikation vermeidet.

In Zukunft sollen die Analysen mit einem Deep-Learning-Ansatz erweitert werden, einem Artificial-Intelligence-Verfahren. Dieses ist für den Umgang mit grossen Datenmengen geeignet und ermöglicht die Durchführung automatisierter, komplexer Berechnungen.