

Aus dem Kosmos herangezoomt

La Terre vue de l'espace

Hochaufgelöste Satellitenbilder können wichtige Informationsquellen für die Wald- und Landwirtschaft sein – in Ergänzung zu anderen Daten der Fernerkundung und der konventionellen Feldinventuren. HAFL-Wissenschaftler/innen prüfen und entwickeln zukunftsweisende Einsatzmöglichkeiten für die beiden Branchen.

Les images satellites à haute résolution s'avèrent précieuses pour la foresterie et l'agriculture, où elles complètent les informations obtenues par les relevés de terrain conventionnels et d'autres méthodes de télédétection. À la HAFL, des scientifiques développent et testent des applications d'avant-garde.



Dr. Stéphane Burgos, Dozent für Bodenkunde
 Dominique Weber, wissenschaftlicher Mitarbeiter
 Dr Stéphane Burgos, professeur de pédologie
 Dominique Weber, collaborateur scientifique

Text | Texte
 Matthias Zobrist

Vom militärischen Prestigeobjekt zur Massenware

Der Schock der westlichen Welt war gross, als die Sowjetunion am 4. Oktober 1957 den Satelliten Sputnik 1 erfolgreich ins All schoss. Ein halbes Jahr später zogen die USA mit Explorer 1 nach. Vorerst kam die neue Technologie hauptsächlich bei militärischen Zwecken zum Einsatz. Das hat sich deutlich geändert: Heute umrunden über 1400 Satelliten die Erde – die meisten davon in ziviler Mission. Sie liefern verschiedenste Daten, die aus dem Alltag kaum mehr wegzudenken sind: meteorologische Messwerte und Bilder, GPS-Signale für die Navigation, Daten für die Übertragung von Radio- und Fernsehprogrammen, etc. Und die Datenqualität sowie die Verfügbarkeit nehmen stetig zu.

Aktuelle und hochaufgelöste Bilder

Ein Beispiel dafür ist das Satelliten-Programm «Sentinel» der europäischen Weltraumorganisation ESA. Jeder der dafür eingesetzten Satelliten verfügt über hochspezialisierte Messinstrumente und sendet seinem Zweck entsprechend Daten zur Erde. So auch «Sentinel-2», der seit Juni 2015 seine Kreise zieht. 14 ½ Mal pro Tag umrundet er den Globus. Die hohe Frequenz und sein breites Sichtfeld ermöglichen alle zehn Tage aktuelle Bilder des gesamten Planeten. Seit März diesen Jahres halbiert ein zweiter Satellit diese Zeit nochmals.

Mit den hochaufgelösten Satellitenbildern – aufgenommen werden 13 verschiedene Bereiche des elektromagnetischen Spektrums – lassen sich auch unterschiedlichste Aspekte von Wäldern, landwirtschaftlichen Flächen sowie Änderungen der Landnutzung aus der Ferne beobachten. Zusätzlich interessant: Alle Daten sind kostenlos nutzbar.

Blick auf Feld und Wald

Auch die Wissenschaftler/innen der HAFL haben das Potenzial der Sentinel-2-Daten erkannt. Sie haben verschie-

De l'objet de prestige militaire au produit de masse

L'émoi fut grand dans le monde occidental, lorsque, le 4 octobre 1957, l'USSR lança le satellite Spoutnik 1 dans l'espace. Six mois plus tard, les USA lui emboîtèrent le pas avec Explorer 1. Au début, cette nouvelle technologie fut surtout utilisée à des fins militaires. Mais aujourd'hui, les choses ont bien changé. Plus de 1400 satellites gravitent autour de la planète, la majorité pour des missions civiles. Ils fournissent des données de toutes sortes, dont on ne peut guère se passer de nos jours : mesures et images météorologiques, signaux GPS pour la navigation, programmes radio ou TV, etc. Et la qualité tout comme la disponibilité de ces informations ne cessent de s'améliorer.

Des images actuelles et à haute résolution

Le programme «Sentinelle» de l'Agence spatiale européenne (ESA) est emblématique de cette évolution. Il prévoit la mise en orbite d'une flotte de satellites, équipés d'instruments de mesure très spécialisés et renvoyant quantité de données vers la terre. Au nombre de ceux-ci, le satellite Sentinel 2, lancé en juin 2015, qui tourne quatorze fois et demie autour du globe en 24 heures. Grâce à cette fréquence élevée et à la large bande balayée, on obtient tous les dix jours des images de l'ensemble de la planète. Et depuis le lancement d'un 2^e satellite, en mars de cette année, cet intervalle a été divisé par deux.

Les images à haute résolution – acquises dans treize régions du spectre électromagnétique – permettent d'observer à distance toute une série de caractéristiques des forêts et des surfaces agricoles, voire de repérer des changements dans l'utilisation des terres. Et autre aspect intéressant : ces données sont, pour l'heure, utilisables gratuitement.

Observer les champs et les bois

Le potentiel de Sentinel 2 n'a pas échappé aux scien-



Aufgenommen aus 800 Kilometer Höhe: Die Region zwischen Neuenburger-, Bieler und Murtensee.
Captée à 800 km de hauteur: la région entre les lacs de Neuchâtel, Bielle et Morat

dene Einsatzmöglichkeiten für die Wald- und Landwirtschaft geprüft und nutzen die Bilder bereits in aktuellen Forschungsprojekten. Beispielsweise liefern ihnen diese wichtige Informationen, um für Bern Karten der kantonalen Waldbestände zu erstellen.

Dominique Weber, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Waldwissenschaften, verarbeitet die Satellitenbilder in diesem Projekt. Schon während seiner Masterarbeit hat er sich intensiv mit deren Nutzung beschäftigt – jedoch noch mit solchen der älteren Generation. «Sentinel-2 eröffnet ganz neue Möglichkeiten. Mit einer Auflösung von zehn mal zehn Metern sind bereits relativ viele Details eines Waldes erkennbar», zeigt er sich begeistert. Das wirkliche Novum sei aber die hohe Regelmässigkeit, mit der neue Bilder eines Gebietes zur Verfügung stehen würden.

Know-how teilen und bündeln

Derselben Meinung ist auch Stéphane Burgos, Dozent für Bodenkunde in der Abteilung Agronomie: «Bislang war die Frequenz, in der neue Luft- oder Satellitenbilder zur Verfügung standen, ziemlich tief. Will ich die Böden eines bestimmten Gebietes von oben beobachten, stehen mir jetzt über das ganze Jahr verteilt unzählige Aufnahmen zur Verfügung. Ich kann somit genau den Zeitpunkt wählen, wo ich die nötige Information auf den Bildern finde», meint Stéphane Burgos. Für ihn ist meistens dann der richtige Moment, wenn ein Boden brach und unbepflanzt ist.

Beide, der Waldwissenschaftler und der Spezialist für Bodenkunde, beschäftigen sich in ihrer Forschung zwar mit unterschiedlichen Fragestellungen, nutzen aber mit der Fernerkundung dieselbe Methode. Deshalb spannten sie zusammen, tauschten sich über ihre ersten Erfahrungen mit Sentinel-2-Bildern aus und eruierten deren Potenzial für die Wald- und Agrarwissenschaften. Sie konnten voneinander profitieren. Stéphane Burgos unterstreicht: «Ob ich aus

tifischen der HAFL. Ils ont testé diverses applications en foresterie et en agriculture, et utilisent désormais les images dans certains de leurs projets de recherche, par exemple pour constituer des cartes des peuplements forestiers du canton de Berne.

C'est Dominique Weber, collaborateur scientifique de la division Sciences forestières, qui traite les images satellites de ce projet. Il avait déjà fait très largement appel à ces outils durant son travail de master, mais il s'agissait d'images ancienne génération. «Sentinelle 2 ouvre des perspectives complètement inédites. À une résolution de 10x10 mètres, on reconnaît déjà pas mal de détails d'une forêt», s'enthousiasme-t-il. Mais pour lui, la réelle innovation, c'est la fréquence élevée à laquelle de nouvelles images sont produites.

Réunir et partager l'expertise

Stéphane Burgos, professeur de pédologie dans la division Agronomie, est du même avis: «Jusqu'ici, explique-t-il, l'intervalle entre deux prises de vue aériennes ou satellites d'une région était relativement long. Mais maintenant, si je veux observer d'en haut le sol d'une zone donnée, j'ai le choix entre quantité de clichés, répartis tout au long de l'année. Je peux donc sélectionner celui pris au moment optimal en fonction des informations que je recherche.» Dans son cas, il s'agit le plus souvent d'une vue du sol nu, sans végétation.

Bien que leurs sujets de recherche diffèrent, le pédologue et le spécialiste de sciences forestières font appel aux mêmes méthodes de télédétection. Ils se sont donc réunis afin de partager leurs expériences respectives avec les images de Sentinelle 2 et en analyser le potentiel pour les sciences agronomiques et forestières. L'expérience fut profitable pour tous les deux. Comme le souligne Stéphane Burgos: «Que j'extraie des informations sur un peuplement

Bildern Informationen über einen Waldbestand oder über Ackerflächen nutze, ist für mein Vorgehen letztlich nicht relevant.»

Den Wald entschlüsseln

Die ersten Erfahrungen mit Sentinel-2 hat Dominique Weber im Könizbergwald in der Nähe Berns gesammelt. Sein Ziel war es, den Anteil von Nadel- und Laubbäumen zu ermitteln. Dafür nutzte er Aufnahmen aus den Wintermonaten, wo die Unterschiede deutlich zu sehen sind. «Wegen ihres unterschiedlichen Vegetationszyklus lassen sich grundsätzlich auch Jung- von Altbäumen unterscheiden oder verschiedene Baumarten identifizieren. Zudem zeigen die Satellitenbilder sehr klar, wo ein Forstbetrieb Holz geschlagen oder ein Sturm Schäden verursacht hat», führt er weitere Nutzungsmöglichkeiten an. Mit den Bildern liessen sich auch Frostschäden oder Trockenheit darstellen. Das seien aber eher Ideen für die Zukunft.

Genauere Daten für Bodenprofile

Stéphane Burgos hat den Vorteil der Bilder direkt in laufenden Projekten getestet – zum Beispiel im Seeland, wo er die fruchtbaren Torfböden kartiert. Die Herausforderung dabei ist die grosse Verschiedenartigkeit solcher Böden. «Die Satellitenaufnahmen sind eine ideale Ergänzung zu konventionellen Bodenmessungen, Luftaufnahmen und Drohnenbildern. Dank der zusätzlichen Informationsquelle kann ich die Positionen für Bohrungen im Boden besser bestimmen», streicht er den Hauptnutzen für seine Forschung heraus. Dies führe dazu, dass die Positionierung der Bodenprofile genauer würde – bei gleichbleibendem Aufwand. Das Potenzial für die Landwirtschaft ist laut dem Bodenkundler aber

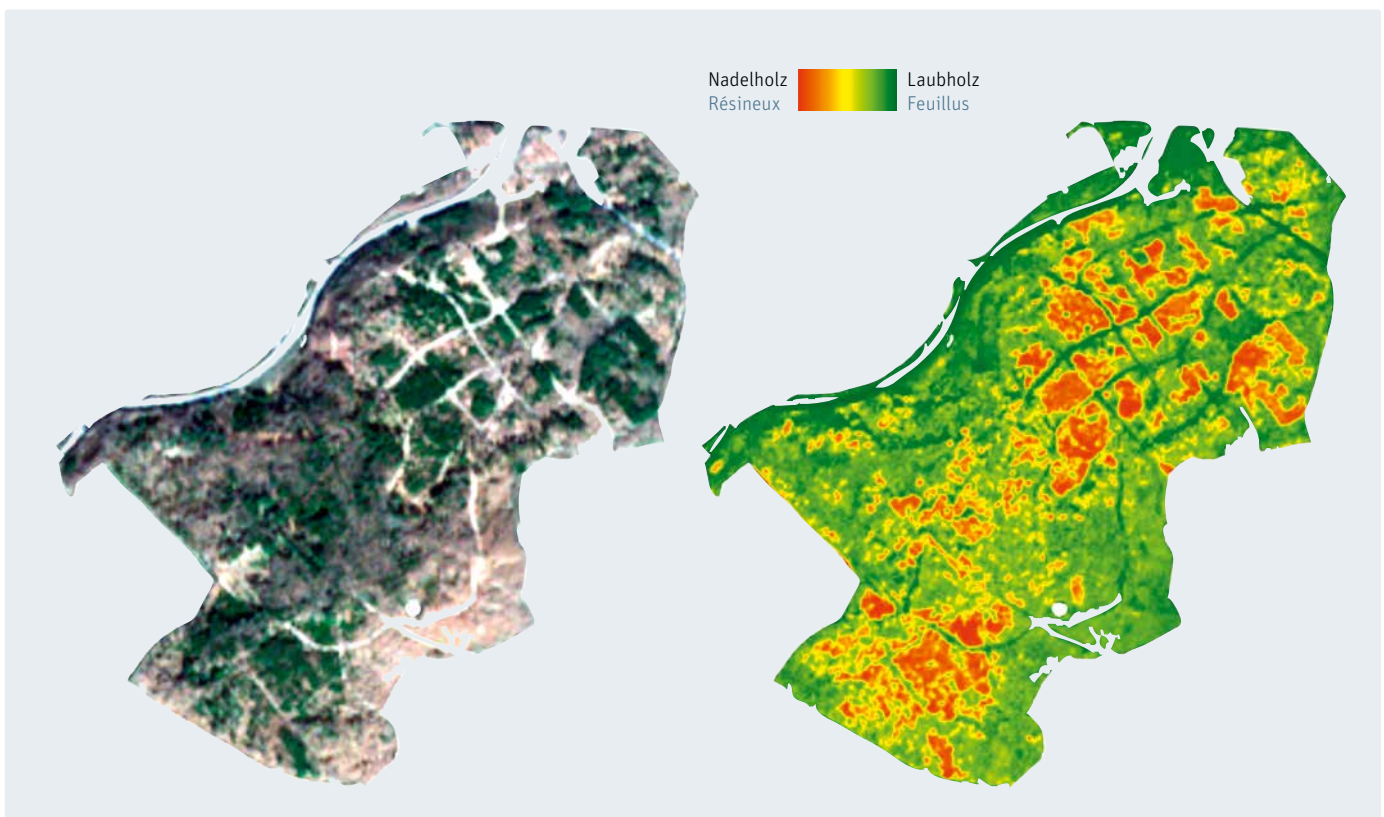
forestier ou des surfaces cultivées, ma démarche reste fondamentalement la même.»

Décrypter la forêt

Ses premières expériences avec Sentinel 2, Dominique Weber les a faites en étudiant la forêt de Könizberg, proche de la ville de Berne. Il voulait y déterminer les proportions de feuillus et de résineux. Il a donc utilisé des photos hivernales, où les différences ressortent nettement. «Grâce aux variations de leurs cycles végétatifs, il est également possible de distinguer les arbres jeunes de ceux âgés, ou de reconnaître les espèces. En outre, ajoute-t-il pour illustrer d'autres emplois de ces images, on y voit très bien les endroits où les bûcherons ont coupé du bois ainsi que les dommages causés par les tempêtes». On pourrait aussi identifier les dégâts dus au gel ou à la sécheresse. Mais ça, c'est plutôt de la musique d'avenir.

Situer plus précisément les profils de sol

Quant à Stéphane Burgos, il a pu apprécier directement la valeur de ces images dans ses projets en cours. Par exemple pour la cartographie des sols agricoles tourbeux du Seeland – un défi, vu leur grande hétérogénéité spatiale. «Les images satellites sont le complément idéal des mesures pédologiques conventionnelles et des photos prises par des avions ou des drones. Avec les informations qu'elles me fournissent, je peux positionner plus exactement les sondages», relève-t-il. Pour sa recherche, c'est leur principal avantage: un gain de précision, avec un surcroît de travail minime. Il est par ailleurs persuadé que l'agriculture peut encore escompter bien d'autres bénéfices de ces satellites: les informations fournies seraient extrêmement utiles pour



Sentinel-2-Satellitenbilder für die Forstwirtschaft: Könizbergwald im Winter (links) und sichtbar gemachter Anteil von Laub- und Nadelbäumen (rechts).
Images de Sentinel 2 pour la foresterie: la forêt de Könizberg en hiver (à g.) et visualisation des proportions de feuillus et de résineux (à dr.)

deutlich grösser: Für die regionale Bodennutzung oder für die Verwendung von Erosionsrisikokarten liefern die Satelliten sehr hilfreiche Informationen.

Bodenständiges Wissen weiter gefragt

Trotzdem haben die Satellitenbilder sowohl für den Einsatz in der Wald- als auch in der Landwirtschaft ihre Grenzen. Einerseits ist das der Technik geschuldet: Die räumliche Auflösung ist zwar hoch, lässt aber trotzdem keine Beobachtung bis ins kleinste Detail zu – wie zum Beispiel einzelne Pflanzen auf einem Feld. Dafür müssen bis auf weiteres immer noch Luftaufnahmen oder Drohnenbilder herangezogen werden.

Andererseits ist der Blickwinkel von oben – egal ob von Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen aufgenommen – beschränkt. Luftbilder können direkt auf dem Feld und im Wald gesammelte Daten nicht ersetzen. Es braucht weiterhin das bodenständige Wissen, um aussagekräftige Modelle zu erstellen. «Hier sehe ich die grosse Stärke der HAFL», ist Stéphane Burgos überzeugt. «Wir haben nicht nur die Kapazitäten und das technische Wissen, um automatisierte Bildanalysen durchzuführen. Die verschiedenen Expertinnen und Experten in den Wald- und Agrarwissenschaften verfügen auch über das nötige fachliche Know-how, um solche Methoden effizient einzusetzen.»

→ Lesen Sie auf Seiten 8 und 9 das Interview mit Doris Herrmann, Leiterin Ressort Forschung, Dienstleistungen, Weiterbildung der HAFL, über Hightech in der Forschung.

analyser l'utilisation régionale des terres ou affiner l'interprétation des cartes du risque d'érosion.

Le savoir « terre à terre » reste demandé

Mais, qu'il s'agisse d'agriculture ou de sciences forestières, les images satellites ont également leurs limites. Celles-ci sont tout d'abord techniques: la résolution est certes élevée, mais elle ne révèle pas les menus détails, par exemple les plantes individuelles d'un champ. Pour cela, il faut toujours faire appel aux avions ou aux drones.

Par ailleurs – et cela vaut également pour les photos prises par des avions ou des drones –, l'angle de vue est toujours limité. Ces images ne peuvent donc pas remplacer les données conventionnelles, récoltées directement dans les champs ou la forêt, qui restent indispensables pour établir des modèles parlants. «À mon avis, c'est la grande force de la HAFL, affirme Stéphane Burgos. Non seulement nous disposons des capacités et des compétences techniques requises pour effectuer des analyses automatiques d'images, mais nos spécialistes en sciences forestières et agricoles possèdent aussi les connaissances nécessaires pour appliquer efficacement ces méthodes dans leur domaine spécifique.»

→ En p. 8 et 9, lisez l'entretien avec Doris Herrmann, responsable du secteur Recherche, prestations, formation continue à la HAFL, sur les techniques de pointe dans la recherche.

Drohnen für die Forschung **Des drones pour la recherche**

Vielfältig einsetzbare Flugobjekte

Mit Drohnen lassen sich aus der Luft Bilder in sehr hoher Auflösung machen. Mit den flexibel einsetzbaren Fluggeräten kann man auch Details erfassen – je nach eingesetzter Kamera in unterschiedlichen Farbspektren. Forschende der HAFL nutzen die Vorteile von Drohnen seit Jahren in ihren Projekten. Zum ersten Mal zum Einsatz kamen sie in einem Projekt, um Rehkitze in Wiesen vor der Mahd aufzuspüren. Inzwischen werden unbemannte Fluggeräte auch in weiteren Projekten genutzt. Zweck ist meistens, durch die andere Perspektive zusätzliche Informationen zu gewinnen, welche diejenigen aus Wald- und Feldbegehungen ergänzen.

Perspektivenwechsel für den Gebirgswald

Aktuellstes Beispiel ist ein waldwissenschaftliches Projekt in Berggebieten. Das Ziel dort: mit Drohnenbildern die waldbauliche Planung im Gebirgswald zu verbessern. Diese ist sehr aufwändig, da die Holzernte im steilen Gelände nur mit dem Einsatz von Seilkränen möglich ist. Die geeigneten Bäume für die Befestigung der Kräne wurden bislang direkt vor Ort bestimmt. Erste Erkenntnisse zeigen, dass die Drohnen eine vorgängige Planung im Büro ermöglichen und dadurch die abschliessende Arbeit im Wald stark vereinfachen.

Objets volants aux nombreuses applications

Les drones permettent d'obtenir des images aériennes à très haute résolution. Ces mini-aéronefs polyvalents peuvent réaliser des relevés très fins, et ce dans diverses parties du spectre, selon le type de caméra utilisé. Les chercheurs de la HAFL emploient ces appareils depuis des années. La première fois, c'était pour repérer les faons dans les champs avant la fauche. Depuis, ces robots volants ont été mis à profit dans d'autres projets, en général pour acquérir, grâce à un angle de vue différent, des données complémentaires à celles obtenues sur le terrain forestier ou agricole.

Nouvelles perspectives pour les forêts de montagne

Un projet récent de sciences forestières témoigne de l'utilité des drones. Son objectif : utiliser des images prises par ces appareils pour améliorer la planification sylvicole des forêts de montagne. En effet, sur les pentes raides, la récolte de bois n'est possible qu'avec l'engagement de câbles-grues, ce qui exige une planification très lourde. Jusqu'ici, les arbres servant à l'ancrage des câbles devaient être déterminés directement sur site. Les premiers essais sont concluants : le recours aux drones permet une planification préliminaire au bureau qui simplifie considérablement le travail subséquent en forêt.