

<b>Zeitschrift:</b>	Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio
<b>Herausgeber:</b>	geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
<b>Band:</b>	106 (2008)
<b>Heft:</b>	9
<b>Artikel:</b>	Eignung von ADS40 Luftbildscanner-Daten für die archäologische Prospektion in Rheinau
<b>Autor:</b>	Kellenberger, T.W. / Nagy, P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-236540">https://doi.org/10.5169/seals-236540</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Eignung von ADS40 Luftbildscanner-Daten für die archäologische Prospektion in Rheinau

Archäologische Prospektion mit Luftbildern hat eine lange Tradition. Die vornehmlich zur Kartierung geflogenen, klassischen Luftbilder werden heute sukzessive durch digitale, hochauflösende Scanner ersetzt. In der Schweiz hat das Bundesamt für Landestopografie den Wechsel auf den Aerial Digital Scanner ADS40 vollzogen und nun stehen periodisch und landesweit neue Daten zur Verfügung. Inwiefern sie sich zur archäologischen Prospektion eignen und welche Vorverarbeitungsschritte notwendig sind, zeigen erste Resultate einer Flugkampagne über der Halbinsel Rheinau (ZH).

*La prospection archéologique à l'aide d'images aériennes a une longue histoire. Les photos aériennes classiques, utilisées surtout pour la cartographie, sont remplacées de plus en plus aujourd'hui par des scanners numériques à haute résolution. En Suisse, l'Office fédéral de topographie a effectué la transition sur le «Aerial Digital Scanner» ADS40 et met maintenant à disposition périodiquement de nouvelles données de tout le pays. Les premiers résultats d'une campagne de mesures au-dessus de la presqu'île de Rheinau (ZH) montrent dans quelle mesure cela se prête à la prospection archéologique et quels prétraitements sont nécessaires.*

L'immagine da aereoplano vanta una lunga tradizione nel campo dell' archeologia. Le immagini classiche usate prevalentemente per la mappatura vengono sostituite oggi con immagini digitali da scanner ad alta risoluzione. In Svizzera, l'Ufficio federale di topografia, ha a disposizione un Aerial Digital Scanner ADS40 e nuovi dati a copertura nazionale e ad intervalli di tempo regolari sono attualmente a disposizione. Quanto questi dati siano relevanti per gli studi archeologici e quali tecniche di elaborazione siano necessarie, è dimostrato da primi risultati di una campagna aerea sulla penisola Rheinau (ZH).

T.W. Kellenberger, P. Nagy

## Hintergrund

Archäologische Prospektion mittels Luftbildern wird seit über hundert Jahren praktiziert. Erste Versuche mit Photographien von Ballonen aus wurden 1899 über den Ausgrabungen des Forums in Rom gemacht. Als Begründer der wissenschaftlichen Luftbildarchäologie gilt der Engländer O.G.S. Crawford (Crawford, 1924). Erste systematisch für die archäologische Prospektion erhobene Luftbilder aus Flugzeugen stammen vom deutschen Militärpiloten Theodor Wiegand aus der Zeit des ersten Weltkrieges (Watzinger, 1944). Der

Aufschwung der Luftbildarchäologie begann nach dem zweiten Weltkrieg, vorerst mit Schwarz-Weiss-, später Echtfarben- und Nahinfrarot-Falschfarbenfilmen.

Mit Luftbildern können archäologische Elemente an der Erdoberfläche wie Mauerreste, Befestigungen oder Grabhügel erfasst werden. Unter bestimmten Voraussetzungen zeichnen sich auch vergrabene und verschüttete Elemente indirekt an der Oberfläche mittels Bodenmerkmalen (Variation der Dichte, der Feuchte, der Zusammensetzung, der Bearbeitungsform), Vegetationsmerkmalen (Zusammensetzung, Wuchsunterschiede, Vitalität), topografischen Unterschieden, Frost- oder Schneemerkmalen ab (Wilson,

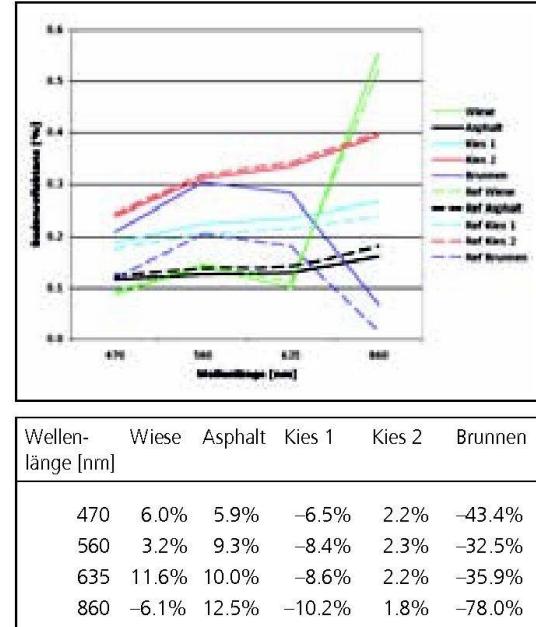


Abb 1: «Empirical Line»-Korrektur mit Asphalt- (dunkel) und Kiesflächen (hell). Vergleich der Bodenreflektanzen vom September 2007. Korrigierte ADS40 Daten (ausgezogene Linie), in situ gemessene Handspektrometerdaten (gestrichelt).

2000, Evans & Jones, 1977). Damit solche archäologischen Signaturen mit Luftbildern erfasst werden können, ist der Aufnahmekonfiguration spezielle Beachtung zu schenken. Sonnenstand, Jahres- und Tageszeit, direktionale Effekte der reflektierten oder emittierten Strahlung, Bildmassstab, Untersuchungsgebiet, Wetterlage, Feuchtigkeit, Niederschlagsgeschichte und Vegetationsstand bedingen spezielle, dedizierte Bildflüge. Solche Bildflüge, in der Regel mit Schrägaufnahmen von Handkameras, sind teuer und aufwändig. Nur wenige der kantonal organisierten archäologischen Ämter in der Schweiz können sich diese Technik leisten. Eine Alternative in der Schweiz wären die Luftbilder des Bundesamtes für Landestopografie (Swisstopo), welche im Sechsjahres-Rhythmus geflogen werden. Die Nadir-Geometrie und der saisonal und diurnal fixe Aufnahmezeitpunkt dieser Luftbilder sind für eine erfolgreiche Prospektion hinderlich. Zusätzlich hat der klassische Silberhalogenidfilm eine Kontrastdynamik von höchstens sieben Bit

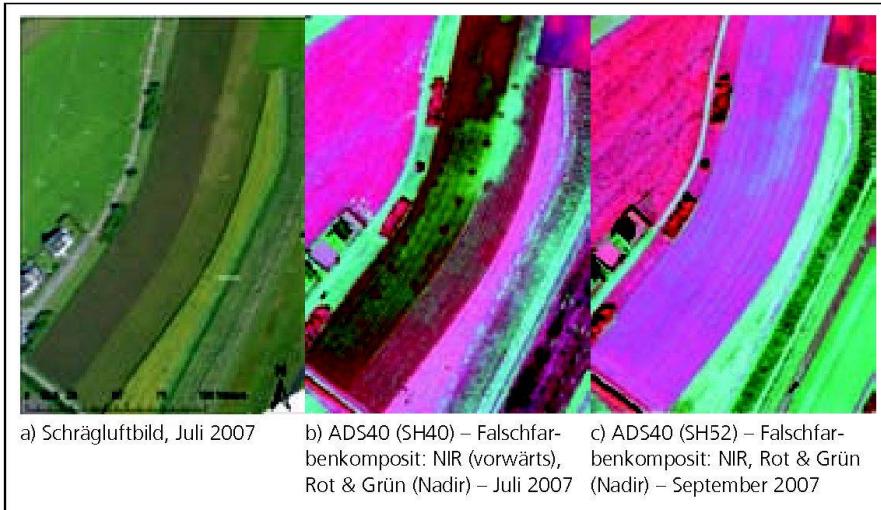


Abb. 2: Der ehemalige Garten des Benediktinerklosters Rheinau.

Umfang. Die manchmal schwachen, archäologische Signaturen können damit insbesondere in Schattenzonen nur unzureichend wiedergegeben werden. Heute werden die klassischen Luftbildkammern sukzessive durch digitale, hochauflösende Luftbildscanner ersetzt, welche spektral und radiometrisch den analogen Kameras überlegen sind (Petrie and Walker, 2007). Diese Scanner eignen sich nicht nur für klassische, topographische Befliegungen, sondern können potenziell auch für Spektralmessungen und darauf basierende Anwendungen wie die archäologische Prospektion eingesetzt werden (Beisl, 2006, Aqdas et al., 2007). Der vermutlich zur Zeit beste Luftbildscanner ist der Aerial Digital Scanner ADS40 der Firma Leica Geosystems AG in Heerbrugg, welcher seit Juli 2008 nun in seiner neuesten Version als ADS80 vorliegt (Leica Geosystems, 2008). Der spektral und radiometrisch stabile Scanner zeichnet Stereodaten in fünf Spektralkanälen (Blau: 430–490 nm, Grün: 535–585 nm, Rot: 610–660 nm, Nahinfrarot NIR: 835–885 nm und Pan: 465–680 nm) mit hoher räumlicher (ab ca. 10 cm) und radiometrischer (12 Bit) Auflösung auf (Petrie and Walker, 2007).

Bereits 2005 hat die Swisstopo ihren ersten ADS40 beschafft und bestreitet mit ihm ab 2008 exklusiv und digital ihr Flugprogramm zur Schweizerischen Karten nachführung. Ergänzend wurde der Be-

fliegungsrythmus von sechs auf drei Jahre verkürzt, mit je einer Frühlingsbefliegung und alternativ drei Jahre später einer Sommerbefliegung. Es liegt auf der Hand, dass dieses Datenmaterial für mehr als die reine Kartennachführung verwendet werden könnte. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Eignung von ADS40 Daten zur archäologischen Prospektion aufzuzeigen und zwecks Vergleichbarkeit der zu verschiedenen Jahren, Jahres- und Tageszeiten erfassten Bilddaten, eine einfache Methode zur radiometrischen Normalisierung zu testen.

## Messkampagnen in Rheinau

Wenige Kilometer unterhalb Schaffhausen, auf zwei Halbinseln einer Doppelschlaufe des Rheins, liegen die Ortschaften Rheinau (CH) und Altenburg (D). Das Gebiet hat eine lange Besiedlungsgeschichte, die bis ins Mesolithikum zurückreicht. Keltische Siedlungen wurden im 1. Jh. v. Chr. gegründet, während die ältesten römischen Funde aus dem frühen 1. Jh. n. Chr. stammen. Heute wird die Halbinsel Rheinau vom ehemaligen Benediktinerkloster (778 n. Chr.), einem der schönsten Hochbarockbauten der Schweiz, geprägt. Seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. wird Rheinau archäologisch untersucht und ist heute im Fokus der Kantonsarchäologie Zürich und ihren süd-

deutschen Partnern. Neben traditioneller Prospektion werden zunehmend auch nicht invasive Fernerkundungstechniken wie Luftbilder, Multispektralscanner, Radar und Lidar, Bodenradar, geoelektrische und geomagnetische Messungen eingesetzt.

2007 konnten in Zusammenarbeit mit der Swisstopo und Leica Geosystems zwei ADS40 Messflüge über Rheinau durchgeführt werden; am 16. Juli mit dem Sensorkopf SH40 der ersten, am 13. September mit dem SH52 Sensorkopf der zweiten ADS40 Generation. Der SH40 Kopf kann den NIR-Bereich nur schräg nach vorne aufzeichnen. Simultan mit den ADS40 Messungen wurde das Gebiet von der Kantonsarchäologie ZH traditionell mittels Schrägluftbildern einer Handkamera erfasst. Die ADS40 Daten wurden unkomprimiert aufgezeichnet und mit der Leica GPro Software (V. 3.0) geometrisch, unter Verwendung des Laseroberflächenmodells DOM-AV der Swisstopo, rektifiziert. Die Radianzen am Sensor wurden mittels einer sensorspezifischen, radiometrischen Kalibration aus den ADS40 Messwerten berechnet (Beisl, 2006).

## Radiometrische Korrektur

Eine radiometrische Korrektur der multitemporalen ADS40 Radianzen (auf Sensorhöhe) zu vergleichbaren, physikalischen Reflektanzen am Boden kann mittels einer aufwändigen Atmosphärenkorrektur unter Anwendung eines Strahlungstransfermodells oder vereinfacht mit einer «empirical line»-Korrektur erfolgen (Smith & Milton, 1999). Letztere stützt sich angenähert auf eine lineare Beziehung zwischen Boden-Reflektanzen von mindestens zwei Objekten (vorzugsweise je ein helles und dunkles Objekt) und den gleichzeitig am Sensor gemessenen Objekt-Radianzen. Für diese empirische Korrektur wurden zeitgleich mit der September-Befliegung Bodenbedeckungen nahe der Klosteranlage mit einem «FieldSpec® 3»-Handspektrometer vor Ort spektral charakterisiert. Das Gerät der Firma ASD Inc. misst von 350–2500 nm in 3–10 nm breiten Spektralbändern. Als Kalibrati-

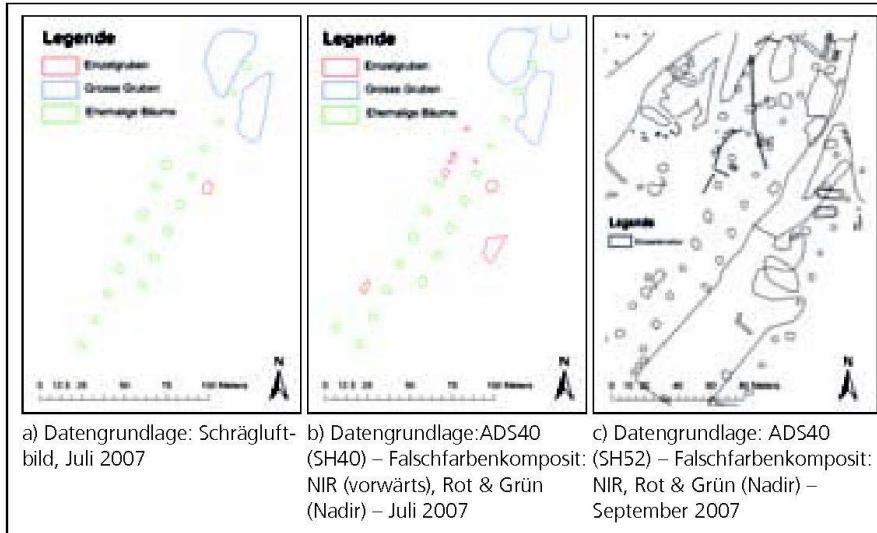


Abb. 3: Interpretation archäologischer Strukturen.

onsobjekte wurden zwei Kiesflächen (hell) und Asphalt (dunkel), als Vergleichsobjekt eine Wiese und ein Brunnen gemessen.

Abbildung 1 zeigt die ADS40 Messwerte nach einer «empirical line»-Korrektur im Vergleich zu den Bodenmessungen vor Ort. Die Reflektanzen stimmen nicht nur gut für die Korrekturflächen Kies und Asphalt, sondern auch für die Referenzfläche Wiese überein. Infolge flachem Wasserstand und zeitweise aktivem Springbrunnen weicht die Brunnenfläche ab. Die Spektrometermessungen von September wurden anschliessend zur Korrektur der ADS40 Juli-Daten verwendet, mit vergleichbarem Erfolg (Kellenberger & Nagy, 2008). Die schnelle und einfache Korrektur kann erfolgreich und multitemporal auf ADS40 Daten angewendet werden. Voraussetzung sind stabile Bodenreferenzmessungen von hellen und dunklen Objekten.

## Archäologische Interpretation

Die archäologische Interpretation von Fernerkundungsdaten (Luftbilder, Scannerdaten) ist ein subjektiver Prozess, der dediziertes Expertenwissen voraussetzt und kaum automatisiert werden kann. Die Auswertung der ADS40 Daten in Form von Echtfarben- und Nahinfrarot-Falsch-

farbenkomposita, sowie der gleichzeitig geflogenen Farbluftbilder erfolgte aus diesem Grunde durch Fachpersonal der Kantsarchäologie Zürich analog am Bildschirm. Dabei konnte eine Vielzahl bekannter und auch neuer archäologischer Strukturen, wie Grubenhäuser, Gräben, aufgefüllte Gruben, Mauern, Bearbeitungsmuster historischer Äcker, ehemalige Hafenanlagen, etc. identifiziert und durch Feldarbeit teilweise verifiziert werden. Abbildung 2 zeigt Teile des ehemaligen Klostergartens von Rheinau im Echtfarben-Luftbild und in Falschfarbenkomposita der ADS40 Daten.

Die Interpretation der im Juli 2007 brachen Ackerfläche (Abb. 2a, 2b) zeigt die früheren Standorte der Bäume einer Allee sowie ehemalige, heute aufgefüllte Gruben und vermutlich alte Hafenanlagen (Abb. 3a, 3b). Sie wurde dem aus vielen, früheren Luftbildern gewonnenen Wissen über archäologische Strukturen (Abb. 3c) gegenübergestellt. Auffallend ist der hohe Informationsgehalt der ADS40 Juli Daten, der traditionellen Luftbildern sogar überlegen ist. In den ADS40 September Daten (Abb. 2c) sind kaum noch Strukturen erkennbar. Eine Spektralanalyse zeigt, dass die Strukturen sich als Bodenfeuchtemerkmal zeigen, welches bei Wiederbegrünung im September verdeckt wird. Es ist zu bemerken, dass die Echtfarbenkomposita der ADS40 Da-

ten (nicht abgebildet), annähernd zum gleichen Interpretationsergebnis führen. Der Vergleich der archäologischen Interpretation von traditionellen Schrägluftbildern und von Komposita der Senkrechtmessungen mit dem ADS40 fiel in weiteren Gebieten Rheinaus durchaus zu Gunsten der ADS40 Daten auf. So konnten antike Mauerreste im Boden, Gräben und Wälle erkannt werden, die sich in Luftbildern nicht abzeichneten (Kellenberger & Nagy, 2008).

## Fazit

ADS40 Daten eignen sich ausgezeichnet für die archäologische Prospektion, auch wenn die Aufnahmebedingungen, wie im gezeigten Fall nicht ideal waren: Erstens war der Sommer 2007 in der Region sehr trocken und hemmte eine deutliche Ausprägung von Vegetations- und Feuchtemerkmalen von archäologischen Strukturen. Zweitens wäre die Datenerfassung im Maximum der Vegetationsaktivität von Gras und Getreide im Mai bis Juni ideal zur Merkmalsbildung. Die hohe radiometrische Auflösung der ADS40 (12 bit) gepaart mit den vier Spektralkanälen, speziell Nahinfrarot, lassen selbst in Schattengebieten Strukturen erkennen, wo die traditionellen Luftbilder hinten anstehen. Mit der «empirical line»-Methode können zudem, unter Verwendung weniger stabiler Kalibrationsobjekte, die ADS40 Daten einfach normalisiert und damit multitemporal vergleichbar gemacht werden. Es ist zu erwarten, dass die (von der Swiss topo periodisch) aufgezeichneten ADS40 Daten vermehrt in der archäologischen Prospektion Verwendung finden und die traditionelle Luftbildarchäologie ergänzen, wenn nicht sogar ersetzen werden.

## Dank

Die Autoren danken dem Bundesamt für Landestopografie, Wabern, und der Leica Geosystems AG, Heerbrugg, für die Aufnahme und geometrische Vorverarbeitung der ADS40 Daten. Unseren Kollegen des RSL und der Kantsarchäologie Zürich sei für die Unterstützung bei der Feldarbeit, der radiometrischen Kor-

rektur und archäologischen Interpretation gedacht.

#### Literatur:

Aqdus, S. A., Hanson, W. S. & Drummond, J. (2007). A comparative study for finding archaeological crop marks using airborne hyperspectral, multispectral and digital photographic data. Proceedings of the 2007 Annual Conference of the RSPSoc, Newcastle upon Tyne, 6 Seiten.

Beisl, U. (2006). Absolute spectroradiometric calibration of the ADS40 sensor. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVI (part1), on CD-ROM, 5 Seiten.

Crawford, O. (1924). Air survey and archaeology. Ordnance Survey Professional Papers, New Series, Southampton, Vol. 7, 39 Seiten.

Evans, R. & Jones, R. J. A. (1977). Crop Marks and Soil Marks at two Archaeological Sites in

Britain. Journal of Archaeological Science, Vol. 4, pp. 63–76.

Kellenberger, T.W. & Nagy, P. (2008). Potential of the ADS40 aerial scanner for archaeological prospection in Rheinau, Switzerland. The Int. Arch. of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Beijing, 2008.

Leica Geosystems (2008). Leica ADS80 – Airborne Digital Sensor – Subpixel Accuracy from Blue to Infrared. Heerbrugg, Schweiz. 2 Seiten.

Petrie, G. & Walker A. S. (2007). Airborne digital imaging technology: a new overview. The Photogrammetric Record, 22 (119), pp. 203–225.

Smith, G. M. & Milton, E. J. (1999). The use of the empirical line method to calibrate remotely sensed data to reflectance. International Journal of Remote Sensing, 20(13), pp. 2653–2662.

Watzinger, C. (1944). Ein deutscher Archäologe 1864–1936. München: C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung; 488 Seiten.

Wilson, D. R. (2000). Air Photo Interpretation for Archaeologists. Tempus: Stroud, 256 Seiten.

Dr. Tobias W. Kellenberger  
Remote Sensing Laboratories RSL  
Geographisches Institut Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich  
kellenberger@geo.uzh.ch

Patrick Nagy  
Kantonsarchäologie Zürich  
Stettbachstrasse 7  
CH-8600 Dübendorf  
patrick.nagy@bd.zh.ch

Einfacher geht's nicht  
zu bestellen!

Vermarkungsmaterial  
Markierfarben  
Prismen- / Stäbe  
Teleskopplatten  
Bandmasse

**Einladung**  
zum virtuellen Besuch in unserem  
übersichtlichen und umfangreichen online-shop.

**swiss@t**  
wünscht Ihnen einen erfolgreichen Tag.

Swissat AG, Fälmisstrasse 21, 8833 Samstagern,  
Tel. +41 44-786 75 10, Fax +41 44-786  
[www.swissat.ch](http://www.swissat.ch), [info@swissat.ch](mailto:info@swissat.ch)

**Umwelt 08**  
Treffpunkt der Schweizer Umweltbranche

Fachmesse für Umwelttechnik  
mit Begleitkongress

10. bis 12. September 2008  
Kongresshaus Zürich

[www.umwelt08.ch](http://www.umwelt08.ch)

Patronat:

SGW Umwelttechnik  
Kanton Zürich  
AERL Amt für  
Agrar, Umwelt, Energie und Land

sgw@usam

Umwelttechnik