

Nationale Bodenbeobachtung (NABO) – Stand, Erkenntnisse und Perspektiven

André Desales, Armin Keller, Peter Schwab, Johann Brunner, Stefan Ammann, Kirsten Rehbein
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

Zusammenfassung

Mit dem Aufbau des nationalen Referenznetzes zur Beobachtung von Bodenbelastungen in der Schweiz wurde 1984 begonnen. Daraus wurde im Laufe der Jahre ein modulares Konzept entwickelt (www.nabo.admin.ch).

„NABO-Quality“ sichert die Qualität der Bodendaten durch methodische Wegleitungen sowie laufende Ringanalysen und ist die Grundlage für zuverlässige Aussagen und Interpretationen. Die grösste Herausforderung bedeutet die langfristige und kontinuierliche Qualitätssicherung in der ausgesprochen vielfältigen und heterogenen Bodenmatrix.

„NABO-Status“ soll das Belastungsausmass raumbezogen erfassen. Nach quellenorientierten Studien sollen künftig die vorhandenen Bodendaten in einer nationalen Bodenschadstoff-Datenbank (NABODAT) mit GIS-Anbindung für landesweite Auswertungen verfügbar gemacht werden.

„NABO-Trend“ misst und beurteilt vorläufig alle 5 Jahre die zeitliche Entwicklung der Bodenbelastung mit Schadstoffen. Seit 2005 läuft die 5. Erhebung der insgesamt 105 Dauerbeobachtungs-Standorte. Häufige Zickzack-Verläufe deuten auf multifaktorielle Ursachen und Artefakte hin. Das erhebliche Grundrauschen und die allgemein nur schleichenden anthropogenen Anreicherungen bedürfen lange bzw. intensive Zeitreihen für gesicherte Trendaussagen.

„NABO-Flux“ erfasst an verschiedenen Beobachtungsstandorten Schadstoffflüsse und trägt damit zur Früherkennung und Prognose von Schadstoffbelastungen bei. Vergleiche der zeitlichen Entwicklung von Schadstoffbelastungen im Boden aufgrund von direkten Bodenmessungen einerseits und erfassten Schadstoffflüssen andererseits zeigen eine noch ungenügende Übereinstimmung. Gefordert sind Verbesserungen von Prozessverständnis und Datenqualität um eine genügende Aussagesicherheit für politische Entscheide zu erreichen.

Seit 2000 läuft ein Pilotprojekt zur langfristigen Beobachtung physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften (LAZBO). Besondere Probleme stellen bei der Bodenphysik die räumliche Integration und bei der Bodenbiologie die Referenzstabilität dar. Als Perspektive wird auf ein umfassendes NABO-Konzept hingearbeitet, welches sowohl chemische, physikalische und biologische Bodenbelastungen erfassen soll.

Résumé

Observatoire national des sols – état, enseignements et perspectives

Le réseau national d'observation des sols suisses (NABO) a été mis en place à partir de 1984. Au fil des années, un concept modulaire a vu le jour (www.nabo.admin.ch).

„NABO-Quality“ assure la qualité des données à l'aide de directives et d'un programme d'essai interlaboratoire continu. Le défi majeur consiste à fournir une assurance qualité continue dans la matrice du sol qui est extrêmement variée et hétérogène.

„NABO-Status“ doit rendre compte de l'état de contamination des sols. Après plusieurs études ciblées, toutes les données de la Confédération et des cantons seront réunies dans la banque NABODAT, couplée à un SIG.

„NABO-Trend“ mesure et évalue l'évolution de la pollution des sols tous les 5 ans. Le 5^e relevé des 105 sites est en cours depuis 2005. De fréquentes évolutions en zic-zac indiquent des causes multifactorielles et des effets d'artéfacts. Le bruit de fond important et la faible charge anthropique nécessitent de longues et/ou intenses séries temporelles pour obtenir des tendances fiables.

„NABO-Flux“ analyse les flux de polluants sur différents sites d'observation et contribue au dépistage précoce et aux prévisions de la pollution des sols. La comparaison des résultats de bilans et d'évolutions mesurées dans le sol est encore insuffisante. La connaissance des processus et la qualité des données devront être encore améliorées afin de fournir une base solide aux décisions politiques.

Depuis 2000, un projet pilote est en cours sur l'observation à long terme des propriétés physiques et biologiques du sol. Des problèmes spécifiques sont dus à l'intégration spatiale pour la physique des sols et à la stabilité référentielle pour la biologie du sol. L'élaboration d'un concept NABO intégral constitue une perspective importante et devrait permettre de recenser les atteintes chimiques, physiques et biologiques portées au sol.

Keywords: Soil monitoring, soil data quality, soil pollutants, heavy metal balances

1. Einführung

Mit dem Aufbau der Nationalen Bodenbeobachtung der Schweiz (NABO) wurde 1984 begonnen. Daraus wurde im Laufe der Jahre ein modulares Konzept entwickelt, das sich sowohl für die Arbeitsorganisation wie auch für die Kommunikation und Berichterstattung eignet. Die gesetzlichen Grundlagen stützen sich auf Art. 44 des USG (1983) zusammen mit Art. 3 der VBBo (1998) bzw. der Vorgängerverordnung (VSBo, 1986). Erläuterungen dazu finden sich in BUWAL (2001). Aktuelle und ausführliche Informationen

gibt die NABO-Website www.nabo.admin.ch, mit rund 3'000 Besuchen pro Monat und einer Bibliographie von 153 Titeln – oft zum Herunterladen (Stand Ende 2006).

Gemäss dem Kernauftrag betreibt das BAFU in Zusammenarbeit mit dem BLW ein nationales Referenznetz zur Beobachtung der Belastungen des Bodens. Der Zweck ist die landesweite räumliche und zeitliche Erfassung und Beurteilung der Bodenbelastungen zur Planung und Erfolgskontrolle von Bodenschutz-Massnahmen. Aus dem NABO-Referenznetz ging das nachstehend erläuterte modulare Konzept hervor (Fig. 1).

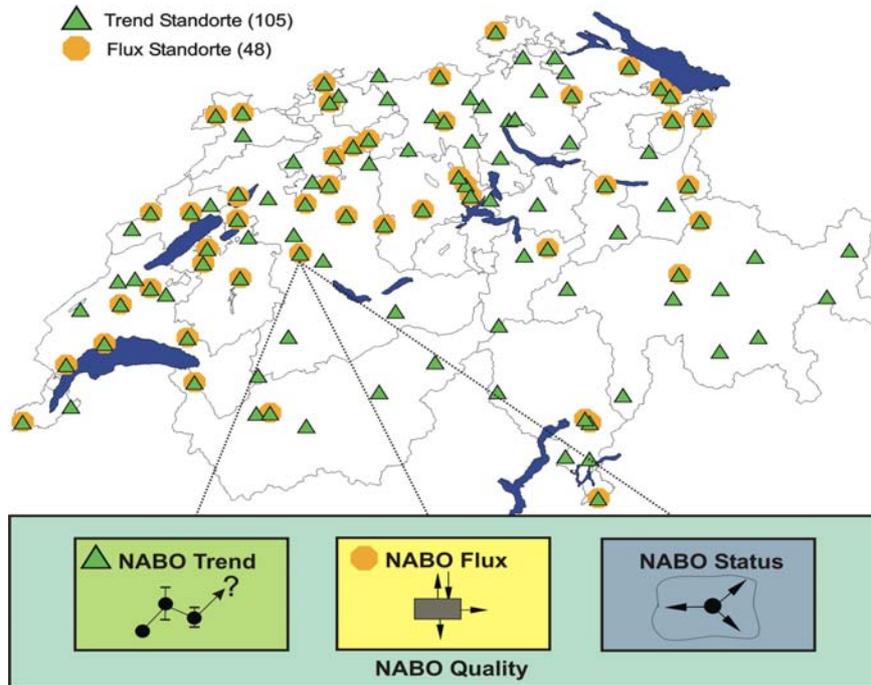


Fig. 1: NABO-Messnetz und modulares Konzept

2. Qualitätsmanagement (NABO-Quality)

NABO-Quality sichert und quantifiziert langfristig die Qualität der Bodendaten und ist damit die Grundlage für die Aussagesicherheit der Ergebnisse. Es geht darum, die bestmögliche Repräsentativität der Ergebnisse über zirka 14 Größenordnungen zu gewährleisten (Fig. 2).

Die interne und externe Qualitätssicherung in der ausgesprochen vielfältigen und heterogenen Bodenmatrix muss kontinuierlich und langfristig ausgerichtet sein. Zum Instrumentarium gehören Wegleitungen zur Probenahme (Hämmann & Desaules, 2003), interne Kontrollproben (Desaules et al., 1996), Probenahme-Ringversuche (Desaules & Dahinden, 1994) und seit 1989 jährliche Ringanalysen (Ammann & Desaules, 2006). Mit Hilfe von Unsicherheitsbudgets soll der ganze Messprozess von der Probenahme hin zur Laboranalyse künftig quantifiziert und optimiert werden (Kurfürst et al., 2004).

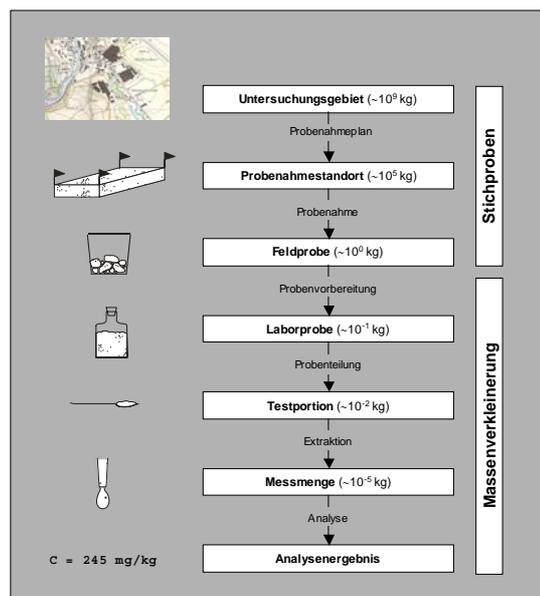


Fig. 2: Herausforderung der Probenahme und -vorbereitung – bestmögliche Repräsentativität über 14 Größenordnungen (Hämmann & Desaules, 2003)

3. Räumliche Belastung (NABO-Status)

NABO-Status soll das Belastungsausmass raumbezogen erfassen. Nach quellenorientierten Studien zu Verkehr (BUWAL, 1992), Kupferanwendung (Studer et al., 1995), Klärschlammdüngung (Keller & Desaulles, 1997) und Ausgangsgestein (Desaulles & Dahinden, 1996; Keller & Desaulles, 2001), sollen künftig auch die schweizweit vorhandenen Bodendaten in einer nationalen Bodenschadstoff-Datenbank (NABODAT) für landesweite Auswertungen für Fachpersonen via Internet verfügbar gemacht werden (Rehbein, 2004). Nach Genehmigung des Projektantrages Ende 2005 befindet sich das Projekt NABODAT momentan in der Entwicklung der Detailspezifikation mit dem Ziel erster Testläufe 2007. Als Basis der Datenbank wurde im Jahr 2005 ein systemneutrales Interlis-Datenmodell erstellt (Keller et al., 2005a).

Als mögliche Auswertung der NABODAT wird gegenwärtig eine Vorgehensweise für die Erstellung von Bodenschadstoffkarten zur Abbildung grossräumiger diffuser Schwermetallgehalte im Schweizer Mittelland am Beispiel des Kantons Thurgau erarbeitet (Rehbein et al., 2007a; Rehbein et al., 2007b). Ein zentraler Aspekt stellt hierbei die genügende Flexibilität der Auswertungsmethode dar, um die regional- und element-spezifischen Verteilungsmuster mit einem geeig-

neten statistischen Modell erfassen zu können. Dies erfordert Grundlagenkarten von möglichen erklärenden Faktoren der Bodenbelastung (z.B. Nutzung und Bodentyp), um räumliche Trends explorativ analysieren zu können. Die Interpolation der punktuellen Messungen erfolgt mit einer geeigneten Krigingmethode, die neben den geschätzten Bodenkonzentrationen auch deren Schätzgenauigkeit liefert. Die Aussagekraft von Karten zur Darstellung von grossräumigen Bodenkonzentrationen in Bezug zur Messpunktdichte muss für weitere Kantone geprüft werden.

4. Zeitliche Entwicklung (NABO-Trend)

NABO-Trend misst und beurteilt vorläufig alle 5 Jahre die zeitliche Entwicklung der Bodenbelastung mit Schadstoffen im Referenznetz (Desaulles & Dahinden, 2000; Desaulles et al., 2006; Desaulles & Studer, 1993). Seit 2005 läuft die 5. Erhebung der insgesamt 105 Dauerbeobachtungsstandorte. Häufige Zickzack-Verläufe deuten auf multifaktorielle Ursachen und Artefakte hin (Desaulles et al., 2004). Daraus resultiert ein erhebliches Grundrauschen (Vertrauensbereich). Deshalb kann nur eine statistisch hinreichende Anzahl Messungen bzw. Erhöhung der Messperiodizität zu gesicherten Trendaussagen führen (Fig. 3).

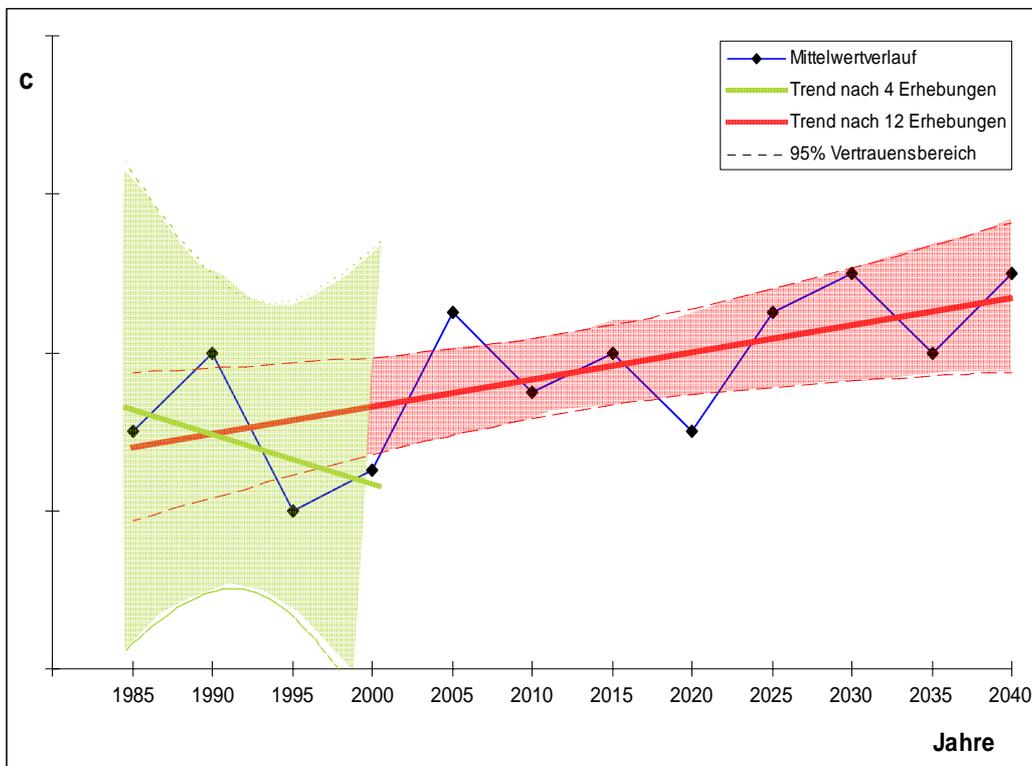


Fig. 3: NABO-Zeitreihe – gemessen und Szenario

5. Stoffbilanzen (NABO-Flux)

NABO-Flux erfasst an landwirtschaftlich genutzten Beobachtungsstandorten Stoffflüsse und trägt damit zur Früherkennung und Prognose von möglichen Schadstoffbelastungen bei. Für eine korrekte Interpretation ist es unerlässlich, dass die Unsicherheiten auch bei den Stoffbilanzen ausgewiesen werden. Aus diesem Grunde wird eine stochastische Bilanzierungsmethode angewendet (Keller et al., 2005b). Die Bilanzen für 48 Landwirtschaftsparzellen der Jahre 1996 bis 2003 wiesen auf eine schleichende Anreicherung von Zink, Kupfer und Cadmium im Oberboden hin. Die Variationskoeffizienten der Nettoeinträge lagen bei etwa 50 % bis 80 %. Handlungsbedarf zur Reduzierung von Einträgen besteht insbesondere bei Spezialkulturen, z.B. Kupfer im Reb- bau, und bei Veredelungsbetrieben bezüglich

dem Einsatz von kupfer- und zinkhaltigen Mineralfuttermittel.

Die mit den parzellenscharfen Stoffbilanzen prognostizierten Veränderungen der Gehalte im Oberboden für ein Jahrzehnt stimmten nur teilweise mit den gemessenen Veränderungen überein (Fig. 4). Es muss geprüft werden, ob mit der Erweiterung des Bilanzmodells mit möglichen relevanten Prozessen wie Erosion, Verlagerung oder Bioturbation die Übereinstimmung verbessert werden kann. Ziel ist ein validiertes Bilanzmodell zu entwickeln, das zuverlässige Aussagen für die zeitliche Veränderung von Schadstoffbelastungen im Boden erlaubt und die Ursachen der gemessenen Veränderungen identifiziert.

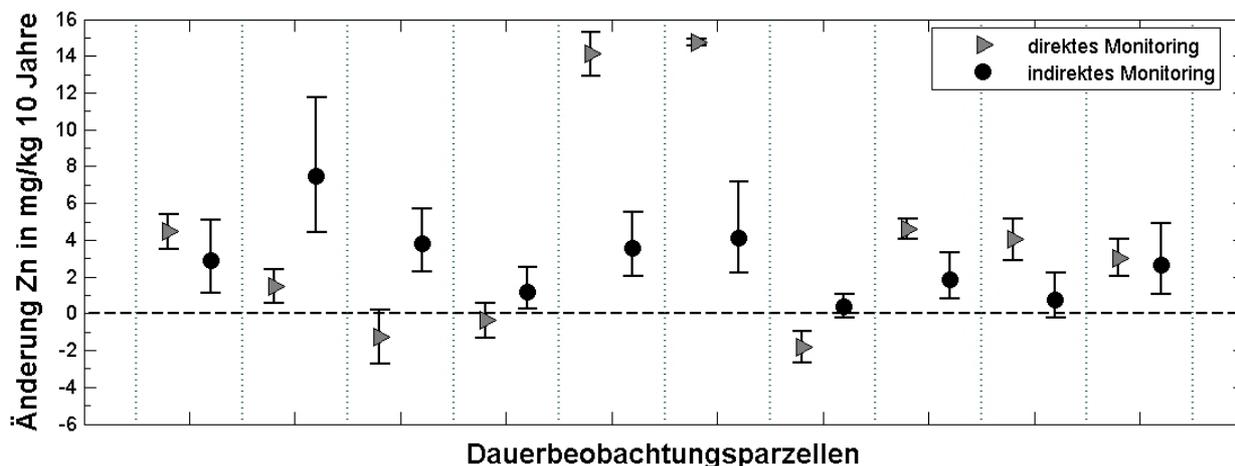


Fig. 4: Vergleich von gemessenen (direktes Monitoring) und mit der Stoffbilanzierung berechneten (indirektes Monitoring) Veränderungen der Zn Konzentration im Oberboden 0-20 cm für zehn Graslandstandorte im NABO-Messnetz

6. Perspektiven

Seit 2000 läuft ein Pilotprojekt zur langfristigen Beobachtung physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften (LAZBO). Das Ziel ist Beprobungs- und Analysenmethoden für die Langzeitbeobachtung von ausgewählten bodenphysikalischen und -biologischen Parametern zu validieren. Besondere Probleme stellen bei der Bodenphysik die räumliche Integration und bei der Bodenbiologie die Referenzstabilität dar (Oberholzer et al., 2006; Schwab et al., 2006a; Schwab et al., 2006b). Als Perspektive wird auf ein umfassendes NABO-Konzept hingearbeitet, welches sowohl chemische, physikalische und biologische Bodenbelastungen erfassen und beurteilen soll (Fig. 5).

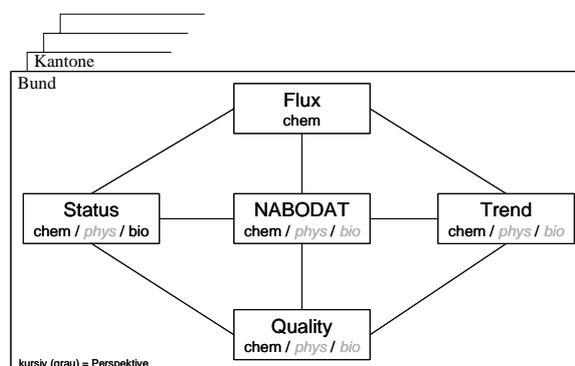


Fig. 5: Integrales NABO-Konzept als Perspektive

7. Literatur

- Ammann, S. & Desaulles, A., 2006. VBBo-Ringanalysenbericht 2005. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 54 pp.
- BUWAL, 1992. Bodenverschmutzung durch den Strassen- und Schienenverkehr in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 185. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern. 144 pp. (Auch als Schlussbericht des Forschungsauftrags Nr. 57/90 beim Bundesamt für Strassenbau veröffentlicht.)
- BUWAL, 2001. Erläuterungen zur Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo). Vollzug Umwelt VU-4809-D. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Desaules, A. & Dahinden, R., 1994. Die Vergleichbarkeit von Schwermetallanalysen in Bodenproben von Dauerbeobachtungsflächen - Ergebnisse eines Probenahmeringversuches. Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC), 3097 Liebefeld. 25 pp.
- Desaules, A. & Dahinden, R., 1996. Schadstoffgehalte von Böden in der Schweiz - Schlüssel zur Identifikation gesteinsbedingter Richtwertüberschreitungen. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern. 26 pp.
- Desaules, A. & Dahinden, R., 2000. Nationales Boden-Beobachtungsnetz - Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. Schriftenreihe Umwelt Nr. 320. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern. 129 pp.
- Desaules, A., Dahinden, R. & Lischer, P., 1996. Untersuchungen zum Nachweis der zeitlichen Stabilität von Schwermetall- und Fluoranalysen in archivierten Bodenproben im Hinblick auf die Dauerbeobachtung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 87: pp. 230-243.
- Desaules, A., Keller, A., Schwab, P. & Dahinden, R., 2004. Analysen von Zeitreihen und Ursachen gemessener Konzentrationsveränderungen von Schwermetallen und Phosphor in Böden auf Dauerbeobachtungsflächen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. 107 pp.
- Desaules, A., Schwab, P., Keller, A., Ammann, S., Paul, J. & Bachmann, H.J., 2006. Anorganische Schadstoffgehalte in Böden der Schweiz und Veränderungen nach 10 Jahren - Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung 1985-1999. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 139 pp.
- Desaules, A. & Studer, K., 1993. NABO - Nationales Bodenbeobachtungsnetz Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern. 134 pp., Anhänge 175 pp.
- Hämmann, M. & Desaules, A., 2003. Handbuch: Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. Vollzug Umwelt (VU-4814-D). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), CH-3003 Bern. 100 pp.
- Keller, A., Rehbein, K., Eisenhut, C. & Desaules, A., 2005a. Datenmodell-NABODAT Ein systemneutrales INTERLIS-Datenmodell für die Zusammenführung, Verwaltung und Nutzung von digitalen Bodenschadstoffdaten in der Schweiz. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. 31 pp.
- Keller, A., Rossier, N. & Desaules, A., 2005b. Schwermetallbilanzen von Landwirtschaftspartellen der Nationalen Bodenbeobachtung. Schriftenreihe der FAL Nr. 54. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 56 pp.
- Keller, T. & Desaules, A., 1997. Flächenbezogene Bodenbelastung mit Schwermetallen durch Klärschlamm. Schriftenreihe der FAL 23. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau - Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (FAL-IUL), CH-3003 Bern. 82 pp.
- Keller, T. & Desaules, A., 2001. Kartiergrundlagen zur Bestimmung der Bodenempfindlichkeit gegenüber anorganischen Schadstoffeinträgen in der Schweiz. Nationale Bodenbeobachtung (NABO). Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich. 81 pp.
- Kurfürst, U., Desaules, A., Rehnert, A. & Muntau, H., 2004. Estimation of measurement uncertainty by the budget approach for heavy metal content in soils under different land use. Accred. Qual. Assur., 9: pp. 64-75.

- Oberholzer, H., Scheid, S., Schwab, P., Bonvicini, A., Müller, S. & Brunner, H., 2006. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften - Pilotprojekt LAZBO - Teil 3 Bodenmikrobiologische Untersuchungen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 83 pp.
- Rehbein, K., 2004. Machbarkeitsstudie für eine nationale Bodenschadstoff-Datenbank (NABODAT) mit GIS-Anbindung. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 97 pp. (interner Bericht)
- Rehbein, K., Keller, A. & Desaulles, A., 2007a. Digitale Kartierung von Schwermetallgehalten in den Böden des Kantons Thurgau. Teil 1: Methodik. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich. (im Druck)
- Rehbein, K., Keller, A. & Desaulles, A., 2007b. Digitale Kartierung von Schwermetallgehalten in den Böden des Kantons Thurgau. Teil 2: Ergebnisse und Diskussion. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich. (im Druck)
- Schwab, P., Weisskopf, P., Berli, M., Rehbein, K., Brunner, H., Scheid, S., Sommer, M. & Ropka, B., 2006a. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften - Pilotprojekt LAZBO - Teil 2 Bodenphysikalische Untersuchungen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 107 pp.
- Schwab, P., Weisskopf, P., Oberholzer, H., Scheid, S. & Berli, M., 2006b. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften - Pilotprojekt LAZBO - Teil 4 Folgerungen, Empfehlungen und Ausblick für die Langzeitbeobachtung. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 27 pp.
- Studer, K., Gsponer, R. & Desaulles, A., 1995. Erfassung und Ausmass der flächenhaften Kupferbelastung in Rebbergböden der Schweiz. Schriftenreihe der FAC-Liebefeld Nr. 20. Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC), 3097 Liebefeld. 44 pp.
- USG, 1983. Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Stand am 30. Dezember 2003). SR 814.01.
- VBBö, 1998. Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) vom 1. Juli 1998. SR 814.12.
- VSBBö, 1986. Verordnung vom 9. Juni 1986 über Schadstoffe im Boden. SR 814.12. (ersetzt durch VBBö, 1998).