



Hangrutschungen, Klimawandel und Landnutzung - Kernaussagen für die Praxis aus dem Projekt ILLAS

Projektteam: Ph. Leopold, G. Heiss, M. Köstl, W. Loibl, C. Stefan (AIT); S. Gingrich, W. Haas, Th. Lechner, C. Plutzer, (BOKU); H. Petschko, A. Brenning, R. Knevels (Universität JENA); H. Proske (Joanneum Research)

DAS PROJEKT ILLAS

Das Forschungsprojekt ILLAS (Integrating Land use Legacies in Landslide Risk Assessment to support Spatial Planning) untersucht am Beispiel von zwei Testregionen (Gemeinden Waidhofen an der Ybbs in Niederösterreich und Paldau in der Steiermark), in welchem Ausmaß Hangrutschungen mit vergangener Landnutzung und Klimabedingungen zusammenhängen. Darüber hinaus sollen Rückschlüsse gezogen werden, wie sich künftige klimatische Extremereignisse (z. B. Starkregen) auf das Auftreten von Hangrutschungen auswirken.

1. Wie beeinflusst der Klimawandel die Naturgefahr „Hangrutschung“?

Durch den Klimawandel wird die Naturgefahr „Hangrutschung“ in Österreich deutlich an Bedeutung gewinnen, da in naher Zukunft extreme Niederschlagsereignisse (z. B. Starkregen), welche Hangrutschungen auslösen, häufiger auftreten werden.

- ✓ Es ist bereits gut belegt, dass in Österreich in den nächsten Jahrzehnten **extreme Niederschlagsereignisse, wie Starkregen, durch den Klimawandel zunehmen werden** (ACCP, 2014; Hornich & Adewöhrer, 2010).
- ✓ Für solche Schätzungen benötigt man sogenannte Klimamodelle (auch Klimaszenarien). Klimamodelle berechnen, wie sich verschiedene Kennzahlen, die das Klima in einem bestimmten Gebiet beschreiben (Temperatur, Niederschlag, etc.), in einer längeren Zeitperiode in der Zukunft (z. B.: 2021-2050) im Vergleich zu einer vergangenen Periode (z. B.: 1986-2015) verändern (ILLAS Factsheet C).
- ✓ Im Forschungsprojekt ILLAS wurde anhand von Klimamodellen geschätzt, wie sich die **Häufigkeit und Intensität von extremen Niederschlagsereignissen (z. B. Starkregen)** in den zwei Testregionen künftig ändert und was dies für die Eintrittswahrscheinlichkeit von **Hangrutschungen** in diesen Gebieten bedeutet. Starkniederschlag wird im Projekt mit einer Niederschlagsmenge von mehr als 40 mm pro Tag festgelegt. (ILLAS Factsheet C)
- ✓ Der Zeitpunkt künftiger Starkniederschlagsereignisse kann nicht exakt vorhergesagt werden, jedoch kann die Zahl und Intensität von Extremereignissen für die Zukunft abgeschätzt werden (Loibl W. et al., 2011). Daher ist keine Vorhersage für einzelne Jahre möglich, wohl aber kann eine Zunahme oder Abnahme von Starkregentagen für eine Periode von z.B. 30 Jahren in der Zukunft durch Klimamodelle geschätzt werden.
- ✓ Insgesamt zeigen die Berechnungen, dass es in den beiden Testgebieten durch den fortschreitenden Klimawandel bis **2050 zu einer deutlichen Zunahme extremer Niederschlagsereignisse** kommen wird, wodurch sich in beiden Gebieten auch das **Hangrutschungsrisiko erhöht** (siehe auch Frage 2).
- ✓ In Waidhofen ist im Vergleich zur Periode 1986 - 2015 für den Zeitraum 2021 - 2050 ein Anstieg von 62 auf 85 Tage mit Starkniederschlägen, also +23 Tage zu rechnen. In Paldau ist im gleichen Zeitraum ein Anstieg von 22 auf 26, also + 4 Tage, zu erwarten. **Das entspricht einer Zunahme von +37 % in Weidhofen und + 18 % in Paldau für die Periode zwischen 2021 und 2050.**

2. Kann künftig auch meine Gemeinde (stärker) von Hangrutschungen betroffen sein?

Hangrutschungen betreffen nicht nur steiles Gelände, sondern auch hügelige Gegenden. Die Projektergebnisse zeigen, dass in den Testgebieten bereits heute eine verhältnismäßig große Fläche von hoher Hangrutschungsanfälligkeit betroffen ist. Diese Fläche wird sich durch die Auswirkung des Klimawandels noch weiter vergrößern. Demnach werden in Zukunft auch mehr Gebiete in Österreich vom Thema Hangrutschungen betroffen sein als bisher.

- ✓ Hangrutschungen sind Naturgefahren, die durch die schwierige Vorhersehbarkeit und die Plötzlichkeit ihres Auftretens besonders hohen Schaden am menschlichen Lebensraum in Österreich anrichten können (ILLAS Factsheet A).
- ✓ In Österreich sind die wichtigsten Auslöser für Hangrutschungen starke Niederschlagsereignisse. Diese, wie z.B. Starkregen, werden in naher Zukunft durch den Klimawandel zunehmen (ACCP, 2014; Hornich & Adelwöhrer, 2010, ILLAS Factsheet C).
- ✓ Hangrutschungen betreffen nicht nur steiles Gelände. Weltweit treten Rutschungen sogar am häufigsten bei 3-5° bis max. 10° Hangneigung auf (Leopold, 2012).
- ✓ In den zwei Testgebieten (Waidhofen an der Ybbs, Paldau) wurden alle erkennbaren Hangrutschungen auf der Basis von Laserscan-Daten aus Flugzeug Befliegungen erfasst. Es zeigt sich, dass Hangrutschungen in der gesamten Landschaftsentwicklung der Gemeinden eine viel größere Rolle einnehmen, als bisher angenommen. (ILLAS Factsheet A)
- ✓ 6,4 % in der Gemeindefläche von Waidhofen a. d. Ybbs und 4,1 % der Gemeindefläche in Paldau sind bereits von Massenbewegungen betroffen. Dies erbrachte eine Auswertung von hochauflösenden Laserscan-Daten. (ILLAS Factsheet A)
- ✓ Die Modellierung der Rutschungsanfälligkeit zeigt, dass gegenwärtig in Waidhofen 23 % und in Paldau 13 % der Gesamtfläche von einer hohen Hangrutschungsanfälligkeit betroffen sind. Diese Fläche wird sich durch die Auswirkung des Klimawandels noch weiter vergrößern. Diese Zunahme ist nicht in allen Gebieten gleich groß, da sich der Klimawandel kleinräumig durchaus unterschiedlich auswirken wird, wie Abbildung 1 verdeutlicht.

Abbildung 1 zeigt sowohl die künftige Zunahme von Starkregentagen (anhand der Farbskala von orange bis blau) als auch den Grad der Anfälligkeit für Massenbewegungen in den Testgemeinden von gering (hell) bis hoch (dunkel). Dabei weist besonders der westliche Teil des Gemeindegebietes Waidhofen eine

zukünftig hohe Zunahme von Tagen mit Starkniederschlägen sowie gleichzeitig eine bereits heute hohe Anfälligkeit für Hangrutschungen auf. In diesem Gebiet ist also mit einer besonderen Zunahme der Gefährdung durch Hangrutschungen zu rechnen.

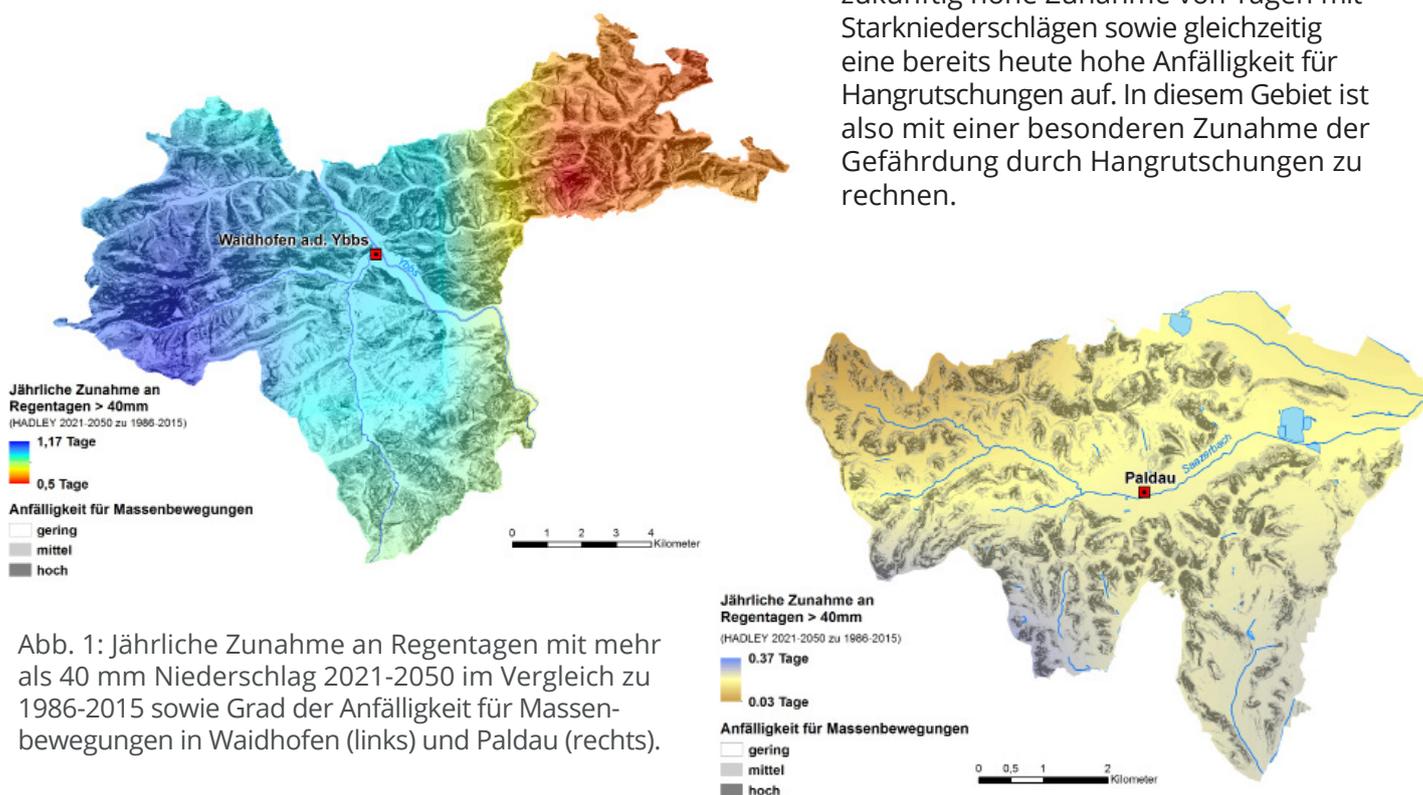


Abb. 1: Jährliche Zunahme an Regentagen mit mehr als 40 mm Niederschlag 2021-2050 im Vergleich zu 1986-2015 sowie Grad der Anfälligkeit für Massenbewegungen in Waidhofen (links) und Paldau (rechts).

3. Kann die Landnutzungsgeschichte das Auftreten von Hangrutschungen beeinflussen?

Die Ergebnisse zeigen einen messbaren Einfluss der Landnutzungsgeschichte (historische Landnutzung) auf das Auftreten von Hangrutschungen. Die Erkenntnisse aus der Modellierung der Rutschungsanfälligkeit unter Berücksichtigung der Landnutzungsgeschichte können verwendet werden, um die Auswirkungen von zukünftigen Landnutzungsänderungen auf Hangrutschungen zu bemessen und stellen somit ein wertvolles Werkzeug für Fragen der Raumordnung dar.

- ✓ Zusätzlich zu klimatischen Kennzahlen wurden im Projekt auch Kennzahlen zur historischen Landnutzung in Form der a) Landnutzungsänderungen, b) mittlere Distanz zur Waldgrenze, c) Intensität der Biomasseentnahme und d) Bodenverdichtung (in 1820, 1960 und 2015) erfolgreich zur Erklärung von Hangrutschungen eingesetzt (Details zu den Kategorien siehe ILLAS Factsheet B).
- ✓ In den Untersuchungsgebieten hat sich die Landnutzung seit 1820 deutlich verändert. Wälder, Grünland und sonstige Flächen haben sich seit 1820 ausgedehnt, während das Ackerland in beiden Gemeinden an Flächen verloren hat.
- ✓ Die Erträge auf Wäldern, Grünland und Ackerland und somit auch die Bodenverdichtung durch Vieh und Maschinen haben in beiden Gemeinden deutlich zugenommen.
- ✓ Von den in die Modellierung der Rutschungsanfälligkeit eingeflossenen Landnutzungskennzahl trug in Waidhofen die Landnutzungsveränderung und in Paldau die Entfernung zum Waldrand am meisten zur Erklärung von Hangrutschungen bei. (ILLAS Factsheet B)

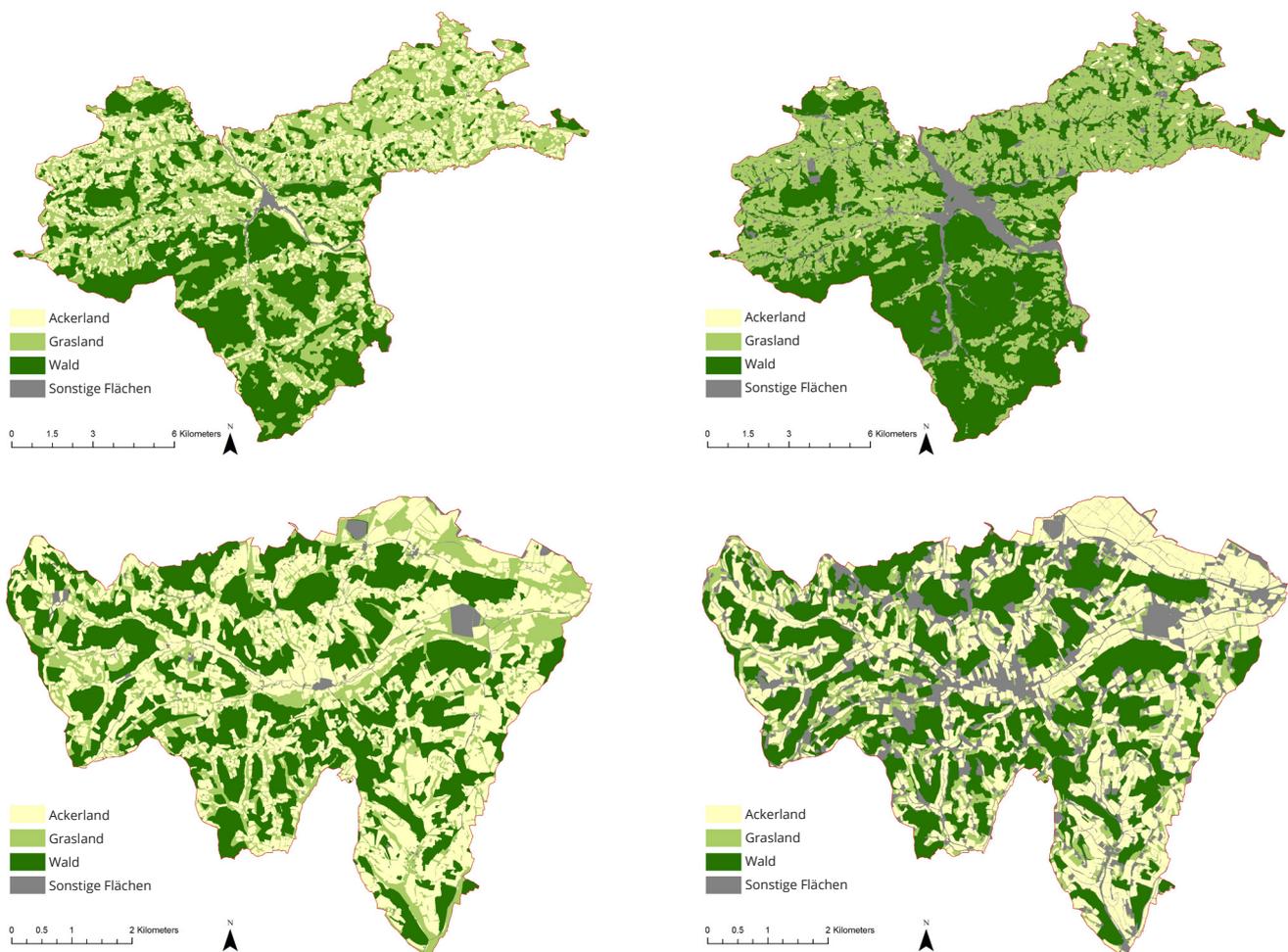


Abb. 3: Landnutzung in Waidhofen (oben) und Paldau (unten) in den Jahren 1820 (links) und 2015 (rechts) – Eine deutliche Änderung der Landnutzung und die Zunahme von ‚sonstigen Flächen‘ (v.a. Siedlungsgebiete) sind ersichtlich.

4. Worauf können Gemeinden bei der Prävention von Hangrutschungen achten? Aussagen von Praxis und Forschung



Das Thema Hangrutschungen ist ein wichtiges Thema, das aus meiner Sicht auch in Zukunft an Bedeutung zunehmen wird. Spannend am Projekt ILLAS ist vor allem die Betrachtung flacher Hangrutschungen.
(Experte, Landesforstdirektion Steiermark)

In der Praxis betrachtet man Hangrutschungen bis fünf Meter Tiefe als flachgründig, weil man mit dem Bagger hier noch gut Drainagen setzen kann. In vielen Fällen (v.a. im Privatbereich) wird eine Sanierung bei tieferen Rutschungen zu kostspielig.
(Experte, Amt der NÖ Landesregierung, BD 1)

Die Schutzwaldfunktion steht oft im Widerspruch zur Ausbreitung von Siedlungsgebieten und sollte daher bei der Raumplanung nicht vernachlässigt werden.
(Experte, Landesforstdirektion Steiermark)

Eine gute Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Geologen - beispielsweise bei Biomasseentnahme oder der Kommassierung von Agrarflächen - ist wichtig für die Verminderung der Gefährdung durch Hangrutschungen.
(Experte, Amt der NÖ Landesregierung, BD 1)

Durch Bodenverdichtung und Versiegelung kommt es zu verstärkten Oberflächenabflüssen, die bei unsachgemäßer bzw. meist auch nicht beabsichtigter punktueller Einleitung in den Untergrund Hangrutschungen verursachen können. Korrekte Wasserableitung bei (neuen) Siedlungsgebieten und Nutzflächen ist wichtig, um neue Hangrutschungen zu vermeiden.
(Experte, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14 Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit)

Rutschungen halten sich nicht an Gemeinde- oder auch Bundeslandgrenzen. Im Flyschgebirge des Wienerwaldes (Bundesland Wien und Niederösterreich) gibt es einige Beispiele dafür. Bei Präventions- und Sanierungsmaßnahmen von Hangrutschungen ist dies auch stets zu berücksichtigen.
(Experte aus dem ILLAS Team)

Unser auch aus anderen ACRP-Projekten (GLADE) angenommene Niederschlagsgrenzwert von 40 mm pro Tag zur möglichen Auslösung von Hangrutschungen wurde von Experten der Bundesländer als sehr plausibel und zutreffend gemäß eigener Erfahrung angesehen. Wir denken, dass dieser Grenzwert ein wichtiger erster Schritt für Gemeinden ist, um ein Bewusstsein in der Bevölkerung zu schaffen, ab wann es zur Ausbildung von gefährlichen Hangrutschungen kommen kann. Dieser Wert soll auch in Zukunft als Anhaltspunkt dienen, um lokal noch besser zutreffende Grenzwerte erforschen und ermitteln zu können.
(Experte aus dem ILLAS Team)



METHODE & DATEN

Neben den meteorologischen Faktoren und der aktuellen Landnutzung liegt der Forschungsschwerpunkt im Projekt ILLAS auch auf dem Einfluss der bisher kaum erforschten historischen Landnutzung, um die Auslösung von Hangrutschungen zu erklären. Dafür wurde in zwei Testregionen die historische Landnutzung für drei Zeiträume (1820, 1960 und 2015) rekonstruiert. Gleichzeitig wurde mittels einer Kartierung auf Basis von hochauflösenden, luftgestützten Laserscan-Daten (LiDAR) ein komplettes Inventar der Hangrutschungen für diese Testregionen geschaffen. Der Einsatz eines semiparametrischen Generalisierten Additiven Modells (engl. Generalized Additive Model, GAM) ermöglicht es nun, auch nicht-lineare räumliche Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Hangrutschungen und der historischen Landnutzungen aufzuzeigen.

Detaillierte Ergebnisse werden in den drei Projekt-Factsheets A „Hangstabilität und Veränderung in der Landnutzung“, B „Historische Landnutzung in den Testgebieten“ und C „Historische Wetteraufzeichnungen, künftiges Klima und Einschätzung der Klimafolgen“ zusammengefasst. Die genannten Testregionen wurden nach einem umfassenden Kriterienkatalog ausgewählt, sie liegen in ehemals nicht vergletscherten alpinen Randbereichen. Es handelt sich um die Gemeindegebiete von Waidhofen a.d. Ybbs in Niederösterreich und Paldau in der Steiermark.

LITERATUR

APCC (2014) Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2.

Foster, D., Swanson, F., Aber, J., Burke, I., Brokaw, N., Tilman, D., & Knapp, A. (2003). The Importance of Land-Use Legacies to Ecology and Conservation. *BioScience*, 53(1), 77–88.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0077:TIOULU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0077:TIOULU]2.0.CO;2)

Highland, L.M. & Bobrowsky, P. (2008): The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides. U.S. Geological Survey Circular, 1325, 129 p., Reston, Virginia.

Hornich, R. & Adelwöhrer, R. 2010: Landslides in Styria in 2009/Hangrutschungsereignisse 2009 in der Steiermark, *Geomechanics and Tunnelling*, 3, p. 455–461, Ernst & Sohn, Wiley.

Krausmann, F., & Haberl, H. (2002). The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. *Ecological Economics*, 41(2), 177–201.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolecon.2012.02.019>

Leopold Ph., Heiss G., Petschko H., Bell R., Glade T. (2013): Susceptibility Maps for Landslides Using Different Modelling Approaches. In: Margottini C., Canuti P., Sassa K. (eds) *Landslide Science and Practice. Volume 1: Landslide Inventory and Susceptibility and Hazard Zoning*, p. 353-357, ISBN 978-3-642-31324-0, Springer.

Leopold Ph (2012): Kriechbewegungen in den neogen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser. Diss. d. Fakultät f. Geowissenschaften, Geografie u. Astronomie d. Univ. Wien, 196 S., 7 Beilagen, Wien.

Munteanu, C., Kuemmerle, T., Keuler, N. S., Müller, D., Balázs, P., Dobosz, M., Radeloff, V. C. (2015). Legacies of 19th century land use shape contemporary forest cover. *Global Environmental Change*, 34, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenv-cha.2015.06.015>

Rhemtulla, J. M., Mladenoff, D. J., & Clayton, M. K. (2009). Legacies of historical land use on regional forest composition and structure in Wisconsin, USA (mid-1800s–1930s–2000s). *Ecological Applications*, 19(4), 1061–1078. <https://doi.org/10.1890/08-1453.1>

Schulz, W. H. (2004): *Landslides mapped using LIDAR imagery*, Seattle, Washington. US Geological Survey Open-File Report 2004-1396, 11 p., U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Washington D.C.

Schweigl J. & Hervas J. (2009), *Landslide Mapping in Austria* (JRC Scientific and Technical Reports No. EUR 23785 EN). Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy.

Sidle R. C. & Ochiai H. (2006): *Landslides: processes, prediction, and land use*. American Geophysical Union, Water Resources Monograph 18, 312 p., ISBN-13: 978-0-87590-322-4, Washington DC.

Projektwebsite: <https://illassite.wordpress.com>

MAG. DR. PHILIP LEOPOLD
Projektkoordinator
Tel +43(0) 50550 3494
Giefinggasse 2, 1210 Vienna
philip.leopold@ait.ac.at
www.ait.ac.at

