

# Vom Satellitenbild zur Weideintensität - eine großräumige Analyse des Weidepotenzials auf Almen

T. GUGGENBERGER, A. BLASCHKA, W. GRAISS und F. RINGDORFER

Almweiden sind integrierte Bestandteile der Land- und Forstwirtschaft. Ihr Charakter als Grenzertragsfläche und ihre besondere geographische Lage im Berggebiet machen sie aber zu etwas Besonderem. Einerseits zeichnen sich Almweiden durch eine hohe Biodiversität aus und werden so zu Interessentflächen des Naturschutzes, andererseits begründet allein schon das Besitzrecht von Land- und Forstwirten, sowie das Jagdrecht eine aktive Nutzung mit anthropogenen Eingriffen. Der Tourismus ist an beiden Bereichen in seiner eigenen Art interessiert. Die vielfältigen Bewirtschaftungsmöglichkeiten hatten in der Vergangenheit durchaus hohes Konfliktpotential. Durch den, für Entwicklungsprozesse sehr raschen, Rückgang des menschlichen Einflusses in den letzten 50 Jahren und durch eine sehr wahrscheinliche Erwärmung des Klimas stellt sich in vielen Almgebieten aber zusehends das Klimaxstadium der Vegetation wieder her. Dies führt zu einer verstärkten Verwaltung bis zur natürlichen Waldgrenze, die sich erwärmungsbedingt aber auch langsam nach oben verschiebt. Inzwischen zweifelt kaum jemand mehr an der notwendigen Reaktivierung der Almwirtschaft, die auch schon seit rund 10 Jahren im Gange ist. Es fehlte bisher aber immer noch an großräumigen Planungsinstrumenten, die sich gemeinsam mit bestehenden kleinräumigen Expertenplanungen um folgende Fragen kümmern können:

1. Wie stark ist die Verbindung zwischen Land- und Almwirtschaft? Welche Bedrohungs- und Wirtschaftspotentiale sind vorhanden?
2. Wie können wir die für die almwirtschaftliche Planung notwendigen räumlichen Daten des Naturbestandes gewinnen? Reicht uns die nutzungsorientierte Erfassung eines Almkatasters oder sollte nicht eher der tatsächliche

Pflanzenbestand als Grundlage von zukünftigen Strategien verwendet werden? Wie kann dieser Pflanzenbestand erfasst und bewertet werden?

3. Wie kann die Nutzbarkeit der Almen bewertet werden? Wie können zusätzliche, tierspezifische Eigenschaften in diesen Bewertungsprozess eingebracht werden? Welche Nutzungsempfehlungen sind ableitbar? Welche Gebiete sind nach einer groben Planung besonders gefährdet?
4. Wie können die Bedürfnisse aller anderen Interessentengruppen (Naturschutz, Jagd, Forst, Tourismus) in zukünftige Nutzungskonzepte eingearbeitet werden?

## Bedrohungs- und Wirtschaftspotentiale

Schon längst reichen die negativen Effekte einer liberalisierten Landwirtschaft bis in die hintersten Täler der Alpen und zerstören dort die bestehenden sozialen Strukturen und damit die gewachsene Kulturlandschaft (HAUFF, 1987). Wer nicht mit den Effizienzgesetzen des Weltmarktes mithalten kann, wird zum Verlierer und lebt in bescheideneren Verhältnissen. Jene Generation, die diese Entwicklung miterlebt hat, duldet dies schweigend, die nächste aber verlässt die Höfe und gibt die Landwirtschaft auf. Die Anzahl der Bauernhöfe ist im Berggebiet deshalb in den letzten 10 Jahren um nahezu  $\frac{1}{4}$  auf 91.000 gesunken (BMLFUW, 2008). Jene Landwirte, die sich dem Gesetz der Leistungssteigerung gebeugt haben, nutzen heute eher das zugekaufte Potential aus dem Ackerland. Die eigenen Grenzertragsflächen eignen sich schlecht für die Intensivierung und werden deshalb vernachlässigt. Diese Entwicklung hat vor allem die Almen getroffen, deren Gesamtfläche im Jahr 1952 noch rund 1,7 Mio. ha betragen

hat. Im Jahr 2004 konnten bei gleicher Erhebungstechnik nur mehr rund 1 Mio. ha berechnet werden. Dies entspricht einer Reduktion von 41 % der Ausgangsfläche, die zumeist in Wald umgewandelt wurde (INVEKOS, 2004; Östz, 1988). Schon morgen werden wir diese Fläche in der Produktion von Lebensmitteln und erneuerbarer Energie bitter vermissen. Denn während in den Tälern und den Ackerregionen die Flächen zusehends knapper werden – man spricht hier vom „Ende der Fläche“ – leisten wir uns eine großflächige Verbuschung auf unseren Almen. Dabei haben die Almen auch wirtschaftlich etwas zu bieten: In einem österreichischen Almsommer wird derzeit durch den Zuwachs bei Jung- und Aufzuchttrindern ein Fleischertrag von 6.500 Tonnen und bei laktierenden Milchkühen eine Menge von 61.000 Tonnen Milch erzeugt. Das dafür notwendige Futter kommt von der Alm und ermöglicht in Summe aller Weidetiere eine Winterfutterproduktion auf freiwerdenden Talflächen im Ausmaß von 35.000 ha. Bei mittlerer Ertragserwartung und einer Milchleistung von rund 5.000 kg/Kuh/Jahr aus dem Grundfutter kann mit dieser Wiesenfutterkonserve eine Milchmenge von rund 230.000 Tonnen erzeugt werden. Jeder 6. Liter Milch, der im Berggebiet produziert wird, steht somit in direkter Verbindung zur Almwirtschaft (GUGGENBERGER, 2008).

## Was ist eine Alm im Sinn unserer Verwaltung?

Almen sind heterogene Mischlandschaften mit stark unterschiedlichem Naturbestand. Liegen Almen auf Talböden oder in Talabschlüssen, finden wir häufig scharfe Grenzen zwischen Wald und Alm. In höheren Lagen, vor allem entlang der Waldgrenze, zieht sich der Übergang von Wald und Almweiden im sogenannten Waldökoton oft über mehrere hundert

**Autoren:** Mag. Thomas GUGGENBERGER MSc, Institut für Artgem. Tierhaltung und Tiergesundheit, Mag. Albin BLASCHKA, Aquisition, Dr. Wilhelm GRAISS, Inst. für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Dr. Ferdinand RINGDORFER, Inst. für Nutztierforschung, alle LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING; e-mail: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Höhenmeter (ELLENBERG, 1996). Zusätzlich reduzieren oft Felsen, einzelne Baumgruppen und offene Bodenflächen im Bereich wasserführender Gräben die tatsächlichen Weideflächen auf der Alm. Wenn wir aber in eine almwirtschaftliche Planung eintreten wollen, müssen wir die unterschiedlichen Landbedeckungen möglichst exakt unterscheiden.

Die erste Grundaufgabe der Almbewertung ist also die Trennung von reinem Weideland und unproduktiven Flächen wie Baumgruppen, Steinen und Felsen. Die in Österreich flächendeckend verfügbare digitale Katastralmappe bietet dafür nur scheinbar eine Lösung an. Viele Grundstückspolygone im alpinen Bereich tragen die Nutzungseigenschaft „Alm“ und vermitteln so den Eindruck einer homogenen Nutzung. Tatsächlich stellen die Grenzpolygone aber nur die Besitzgrenzen dar, die von der wahren Landbedeckung völlig entkoppelt sein können. Im Rahmen der Bemühungen um einen Almkataster, der auch der tatsächlichen Landnutzung gerecht wird, hat sich gezeigt, dass von den ursprünglich im Jahr 1986 verfügbaren 7.618 km<sup>2</sup> Almen im Jahre 2004 nur mehr 4.809 km<sup>2</sup> auch als Almfutterfläche erhoben wurden. Die Flächendifferenz besteht nicht nur aus verlorenen Almflächen, sondern hat ihre Ursache auch in der geänderten Erhebungsmethode. Die Erhebung der Almfutterfläche erfolgt derzeit durch eine manuelle Digitalisierung der Flächen aus den verfügbaren Luftbildern. Derzeit sind das Farborthofotos mit einer Bodenaufösung von 25 cm. Der genaue Verlauf der Grenzlinien wird in Sitzungen der Almbewirtschafter mit der Agrarbehörde festgelegt (STIEGLER, 2008). Dieser Prozess fordert alle Beteiligten hinsichtlich ihrer Geduld und führt dennoch in Wirklichkeit zu keinen reproduzierbaren Ergebnissen. Vor allem die Ausgrenzung kleinräumiger Nichtweideflächen ist manuell nicht lösbar. Dies führte im Untersuchungsgebiet der Schladminger Tauern dazu, dass innerhalb eines ausgewählten Teilsegmentes an Almfutterflächen (11.000 ha) zumindest rund 1/3 auf Landnutzungen entfällt, die aus der Sicht der Viehwirtschaft nicht zu den nutzbaren Flächen gezählt werden können. Und dennoch bildet dieser Datenbestand zumindest eine logische Übereinstimmung mit der

heute tatsächlich beweideten Fläche, da nur jene Almweiden als sogenannte Almfutterflächen definiert werden, die auch tatsächlich mit Tieren bestoßen werden. An dieses Konzept schließt sich auch die finanzielle Förderung der Almwirtschaft an. Die Öpul-Maßnahmen „Alpung und Behirtung“ verwendet für die Berechnung des Tierbesatzes (max. 0,67 RGVE/ha/Jahr) jene Fläche, die im Almkataster festgelegt wurde. Pro ha Almfutterfläche wird maximal 1 RGVE gefördert (AMA, 2008). Der Förderungsgeber kümmert sich mit seinen Prämien also nicht um den gesamten Naturbestand an Almweiden, sondern unterstützt nur die tatsächlich genutzten Flächen. Für ertragsstarke und gut erreichbare Almen hat sich hier eine gute Balance eingestellt. Diese Flächen sind kaum von Sukzession bedroht. Was ist aber mit jenen Flächen, die heute außerhalb der Almfutterflächen liegen? Wie groß sind diese Flächen und wie stark sind diese Flächen gefährdet? Reichen hier die Förderungsmaßnahmen des Öpul-Programms oder müssten stärkere Anreize geboten werden?

### Fernerkundung als wertvolle Datenquelle

Die gestellten Fragen können nur durch eine Vollerhebung der Landbedeckung beantwortet werden. Da diese im Feld nicht zu bewältigen ist, müssen indirekte Methoden wie die Fernerkundung verwendet werden. Gemäß ihrer Definition ist die Fernerkundung ein indirektes, berührungsloses Messverfahren. Auf Satelliten, die in einer Flughöhe von 600 bis 900 km die Erde umkreisen, werden



Abbildung 1: Der Fernerkundungssatellit SPOT 5 im Einsatz. Quelle: Satellite Imaging Corporation

Sensoren installiert, die ähnlich einer Fotokamera laufend digitale Bilder der Erdoberfläche aufnehmen (ALBERTZ, 2001).

Erfasst wird dabei die Reflexion des Sonnenlichtes, welches indirekt dazu verwendet werden kann, die Landbedeckung zu bestimmen. Das Sonnenlicht selber ist eine Mischung unterschiedlichster Strahlungsarten, die sich durch ihre Wellenlänge unterscheiden. Sehr kurzwellige Strahlen sind beispielsweise Röntgenstrahlen mit einer Wellenlänge im Bereich von 1nm. Das ist ungefähr 2000-mal dünner als das menschliche Haar. Daran schließt schon bald das sichtbare Licht mit den Farbtönen blau, grün und rot an. Die Wellenlänge dieser für uns so wichtigen Strahlung beträgt im Mittel rund 1/4 des Durchmessers eines menschlichen Haares. Direkt anschließend findet sich das Nahe und Mittlere Infrarot, welches vom Menschen nicht wahrgenommen werden kann, aber vor allem von Pflanzen für die Photosynthese verwendet wird. Sehr langwellige Strahlungen sind beispielsweise Radarstrahlen mit einer Wellenlänge von bis zu 1 cm (JENSEN, 1995). Fernerkundungssatelliten messen in der Regel nicht das volle elektromagnetische Spektrum, sondern erfassen die Reflexionswerte nur an einigen wichtigen Stellen des Frequenzspektrums. Will man die pflanzliche Bedeckung der Erde erfassen, muss man in jenen Spektren messen, die für die Pflanzen wichtig sind. Dies sind vor allem das rote Licht und das Nahe Infrarot (CLARK et al., 2003). Die Bilder, die dabei entstehen, wirken für uns Menschen fremd, eignen sich aber gut für eine Methode, die als überwachte Klassifikation häufig verwendet wird.

Ziel dieser Arbeit ist die Zuordnung einzelner Bildpunkte zu den Landbedeckungsklassen. Deren elektromagnetische Signatur wird vorher in Testflächen ermittelt. Das Ergebnis, so es mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann, bietet nicht nur die Lage einzelner grundlegender Landbedeckungsklassen wie Wald, Wiese, Felsen, Schnee/Gletscher, sondern ermöglicht durch den Einsatz nachfolgender Modelle auch Aussagen über die Biomassemenge oder den Ernährungszustand von Pflanzen. Für eine allfällige Almbewertung müssen wir die für die Tiere wichtigen Klassen wie



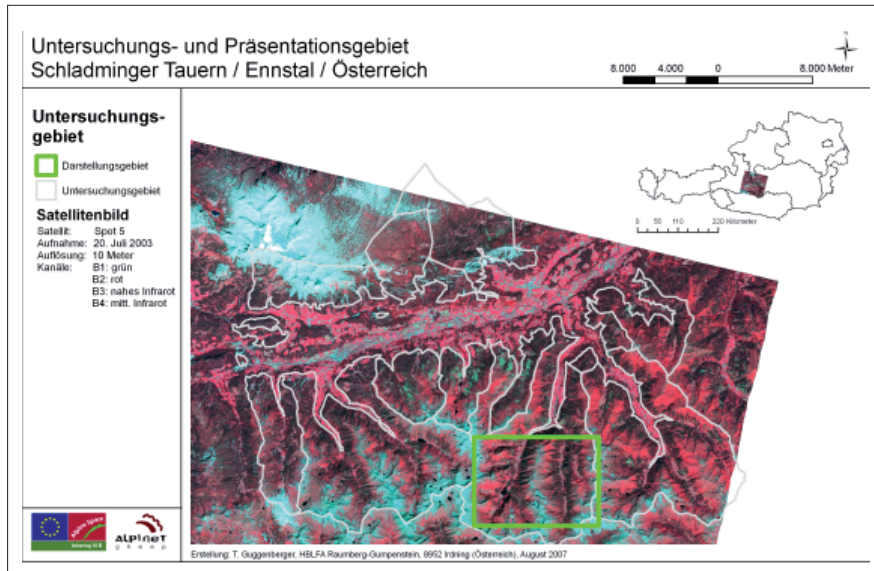


Abbildung 2: SPOT 5 – Infrarotbild des Oberen Ennstales

Almwiesen, Fettweiden, Magerweiden sowie Zwergsträucher unterscheiden. In Verbindung mit Expertenwissen aus dem Bereich des Pflanzenbaues und der Tierzucht können so großflächige Eignungs- und Potentialkarten entstehen, die eine wirkliche Innovation für die Almwirtschaft darstellen. Die Menge an Futter und dessen Qualität sind wichtige Informationen für die Berechnung des optimalen Tierbesatzes; bewertete Zeitreihen können die Veränderungen im Almbereich abbilden (Verbuschung und Verwaltung).

### Landbedeckungsklassifikation in den Schladminger Tauern

Die Landbedeckung der Schladminger Tauern wurde aus einem Satellitenbild des französischen Satelliten SPOT 5 HRG (Système pour l'Observation de la Terre 5, High Resolution Geometric) abgeleitet. Das Bild wurde am 20. Juli 2003 im HI-Modus (Multispektrale Information auf 4 Kanälen mit einer Bodenauflösung von 10 Meter/Pixel) und im THR-Modus (Panchromatischer Kanal mit einer Bodenauflösung von 2,5 Meter/Pixel) aufgenommen. Es ist im Besitz des Institutes für Digitale Bildverarbeitung des Joanneum Research in Graz. Als Bezugsquelle wurde der Datenvertrieb der CNES (Sirius) verwendet. Alle Analysenschritte und die Bestimmung der Klassifikationsgenauigkeit wurden in den Räumlichkeiten des genannten Institutes in Graz mit der

Software Erdas Imagine® durchgeführt (ERDAS, 2008). Frau Mag. Manuela Hirschmugl hat durch ihre Ratschläge maßgeblich zur Erreichung einer hohen Klassifikationsgenauigkeit beigetragen.

Die folgende Beschreibung der Bildvorbereitung kann bei HILL et al., 2007 nachgelesen werden. Die verwendete Szene weist eine Kantenlänge von rund 60 km auf und bedeckt damit ein Gebiet von etwa 3.600 km<sup>2</sup>. Aus den multispektralen Kanälen des roten und nahen Infrarots wurde ein Vegetationsindex berechnet. Dieser stellt die Reflexion des roten Lichtanteiles im Verhältnis zum Wasseranteil der Pflanzen dar. Je näher die Werte der beiden Kanäle rücken,

umso geringer ist die Aktivität der Photosynthese eventuell vorhandener Pflanzen. Trockener Boden beispielsweise bietet auf den beiden Kanälen eine Differenz von 10 %, aktive Pflanzen dagegen von 40 % (ALBERTZ, 2001). Die für die überwachte Klassifikation notwendigen Testflächen wurden in unterschiedlicher Dichte festgelegt. Eindeutige Klassen wie Wald, Wasser, Schnee, Felsen und Ackerland wurden aus Farb-Orthophotos mit einer Bodenauflösung von 25 cm abgeleitet. Für jede geplante Klasse wurden dabei 60 Trainingsgebiete angelegt, deren Größe mindestens 1 ha beträgt.

Für die Klasse Almweiden und Wiesen wurde im Sommer 2007 vom Autor eine Feldbegehung durchgeführt. Dazu wurden die Farb-Orthophotos noch durch CIR-Orthophotos ergänzt. Im Felde wurde die Ertragsituation grob in Fett- und Magerweiden sowie krautige Pflanzenbestände unterteilt und in die Orthophotos eingezeichnet. Es handelt sich dabei nur um eine grobe Abschätzung, auf botanische Aufnahmen im Sinne einer Biotopkartierung wurde verzichtet. Für diese Abschätzung wurde das CIR-Orthophoto in einer unüberwachten Klassifikation automatisch in 30 Klassen vorklassifiziert. So entstanden Pixelcluster, deren Größe ausreichend klein war, um im Felde überprüft zu werden. Angestrebt wurden Untersuchungsflächen mit einer Größe von 2.500 m<sup>2</sup>.

Für jede geplante Subklasse wurden 120

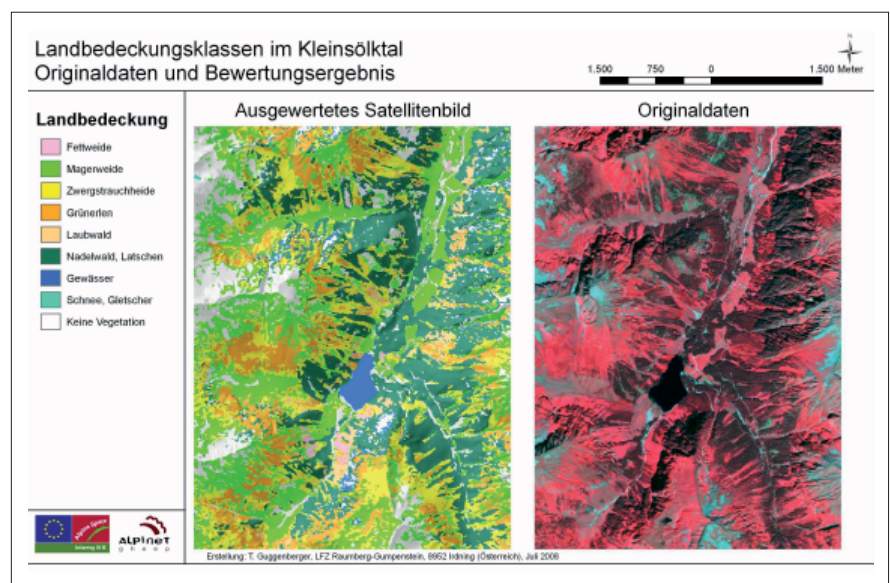


Abbildung 3: Originalbild und Klassifikationsergebnis im Darstellungsgebiet Kleinsölk

Referenzflächen erhoben. Aus diesem Material wurde abschließend die Landbedeckung berechnet.

Unabhängig von der Erhebung der Testflächen für die überwachte Klassifikation wurde in einer zweiten Feldbegehung von Experten des LFZ eine botanische Erhebung der Almen vorgenommen. Die Ergebnisse der Biotopkartierung einzelner Pflanzengesellschaften endeten in einer Clusteranalyse (BLASCHKA und KICKINGER, 2007). Die gebildeten Cluster sind jenen der Testflächen ähnlich, die Erhebungspunkte können deshalb als Referenzstandorte für die Qualitätsprüfung der überwachten Klassifikation verwendet werden. In der untersuchten Region befinden sich insgesamt 108 Almen mit einer Gesamtfläche von 246 km<sup>2</sup>.

Im Rahmen der botanischen Untersuchungen wurden 21 Almen untersucht. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Satellitenbildklassifikation und der Felddatenerhebung zeigt eine Übereinstimmung von 89,4%. Innerhalb der kritischen Klassen der Fett- und Magerweide wurde eine Genauigkeit von 66% erreicht. Am Ende des Prozesses steht als Ergebnis die Landbedeckung der 13 westlichen Gemeinden des steirischen Ennstales zwischen der Salzburger Landesgrenze und der Gemeinde Öblarn fest. Die Gesamtfläche dieser Gemeinden beträgt 87.763 ha, der Kulturraum der Region beträgt etwa ¼ der Gesamtfläche und ist auf die Talböden des Haupttals und der Nebentäler beschränkt. Die restliche Fläche ab einer Seehöhe von 1.250 Metern wird mit 44 % stark vom Waldanteil dominiert. Die Summe der potentiellen Weideflächen beträgt 35 %, die optisch so dominante Felsregion beträgt knapp 20 %. Die ertragsbildenden Klassen sind nicht gleichmäßig verteilt. Fettweiden/Almanger bilden nur 2,3 % der ertragsfähigen Fläche, Magerweiden 52,2% und Zwergstrauchheide 45,5%.

An dieser Stelle ist noch einmal auf die räumlichen Unterschiede zwischen den Flächen des Almkatasters und der dargestellten Tabelle hinzuweisen. Die Flächen des Almkatasters decken zwar bevorzugt die Klassen Fett- und Magerweide sowie die Zwergsträucher ab, jedoch werden in Summe in diesen drei Klassen nur 10.800 ha abgebildet.

**Tabelle 1: Anteil der einzelnen Landbedeckungsklassen**

Landbedeckungs-kategorie	ha	Anteil %
Fettweiden/Almanger	527	0,79
Magerweiden	12.543	18,91
Zwergstrauchheide	10.188	15,36
Grünerle	4.028	6,07
Laubwald	820	1,24
Nadelwald, Latschen	24.291	36,61
Gewässer	198	0,30
Schnee, Gletscher	820	1,24
Keine Vegetation	12.931	19,49
Summe	66.346	100,00

Es liegen also mehr als die Hälfte der verwertbaren Fläche noch außerhalb der Katasterflächen. Dies liegt einerseits daran, dass die Flächen des Almkatasters häufig nicht Reinweideflächen darstellen (unterschiedliche Überschirmungsgrade), andererseits sind natürlich nicht alle vorerst theoretisch nutzbaren Flächen auch als reale Weideflächen zu gebrauchen (zu steil, kein Wasser, ...). Dieser Aspekt wird aber in der Methodik des Almbewertungsmodells berücksichtigt.

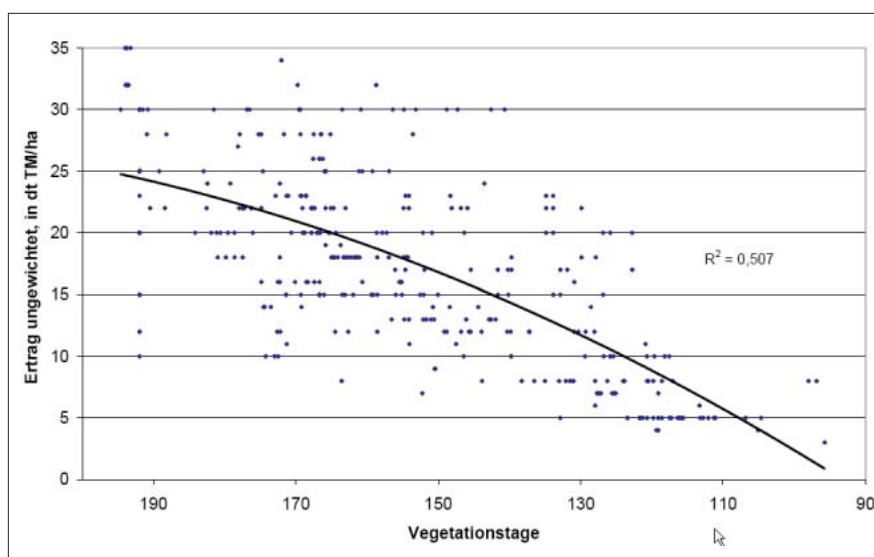
Die gefundenen lokalen Flächendifferenzen zeigen die Schwächen beider Systeme auf. Der Almkataster erhebt den Naturbestand nicht vollständig und macht auch keine Aussagen über die tatsächlich vorkommende Landbedeckung. Die Satellitenbildklassifikation kann dafür Weidesysteme wie Waldweide nur bei sehr geringem Überschirmungsgrad darstellen.

## Die Ansprüche der landwirtschaftlichen Nutztiere an die Alm

Die Frage der räumlichen Abgrenzung und der damit verbundenen Flächenerhebung muss in Folge auf die eigentlichen Bedürfnisse der Nutzer, das sind die weidenden Tiere, ausgeweitet werden. Wir können diese kategorisch aufzählen:

- Nährstoffbedarf in Summe und Dichte
- Wasserversorgung
- Ansprüche an die Topographie des Geländes
- Schutz und Betreuung

Der Nährstofftrag im Sinne der Futtermenge und der Nährstoffdichte ist eine gängige pflanzenbauliche Fragestellung, die ihre Wurzeln in der Biotopkartierung hat und die in Expertenkreisen als Ertragsschätzung weiterentwickelt wurde (BRAUN BLANQUET, 1928; ELLENBERG, 1996). Üblicherweise werden in botanischen Aufnahmen Pflanzengesellschaften bonitiert. Diese werden nach ihren Hauptbestandbildnern bezeichnet. In Ertragsmessungen und Nährstoffanalysen werden die für die Pflanzengesellschaft typischen Kennwerte festgestellt (BUCHGRABER, 2000; CERNUSCA und SEEBER, 1989; EGGER et al., 2002/2003; GRUBER et al., 1998). Da dafür zumeist Punktangaben gemacht werden, weisen die meisten Autoren auf die Problematik der Übertragung von Punkt- in Flächeninformationen hin. Die Anzahl der möglichen Erhebungs-



**Abbildung 4: Ertragsspektrum aller Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit von der Vegetationsdauer (EGGER et al. 2003)**



punkte ist aus Kostengründen limitiert. Brauchbare Flächenschätzungen können nur von den wenigen vorhandenen Experten durchgeführt werden. Insgesamt leiden die Verfahren unter einer geringen Wiederholbarkeitsrate. EGGER et al., 2003 haben im Rahmen der Erstellung des derzeitigen einzigen verfügbaren Modellansatzes eine Schnittstelle für die Ertragsschätzung von Almfutterflächen umgesetzt. Dabei wurden Ergebnisse der Einzelerhebungen des Ertrages von Pflanzengesellschaften gesammelt und der Vegetationsdauer gegenüber gestellt.

Diese ist deshalb ein guter Regressionsfaktor, da in der Vegetationsdauer sowohl die Seehöhe, als auch das lokale Klima berücksichtigt werden kann. Die polynomische Regression, die in *Abbildung 4* dargestellt wird, zeigt, dass im gesamten Datenmaterial nur etwa die Hälfte der Streuung erklärt werden kann (Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,507$ ). Erst wenn einzelne Pflanzengesellschaften zusammengefasst werden, sinkt der Anteil der nicht erklärbaren Streuung und höhere Schätzgenauigkeiten werden möglich. Eine gute Strategie für die Klassenbildung sollte dabei jene Aspekte berücksichtigen, die auch in der Fernerkundung von Bedeutung sind. Damit wird vor allem der Chlorophyllanteil und der Wassergehalt der Pflanzen, aber auch die Gesamtstruktur der Pflanzengesellschaft angesprochen. Im pflanzenbaulichen Bereich entspricht vor allem der Begriff der „Wüchsigkeit“ der Erwartungshaltung über die Biomasseproduktion. Sehr stark wüchsige Pflanzengesellschaften (Ertrag bis 4.000 kg T/ha) sind Grünerlengebüsche und sehr krautige Pflanzengesellschaften in feuchten Gunstlagen. Gute Wüchsigkeit (Ertrag bis 2.500 kg T/ha) weisen die Fettweiden auf bewirtschafteten Almen auf. Die in den Alpen sehr weit verbreiteten Magerweiden werden hauptsächlich durch das Borstgras (*Nardus stricta*) gebildet. Deren Wüchsigkeit ist als gering anzusehen (Ertrag bis zu 1.500 kg T/ha). Das Strukturverhalten der Pflanzengesellschaften ist proportional zur Wüchsigkeit. Grünerlenfelder sind inhomogen, Magerweiden homogen. Ebenso folgt der Wassergehalt der Pflanzen der Wüchsigkeit. Alle Aspekte werden auch vom Höhengradienten einer Alm bestimmt. So gibt EGGER et al.

(2003) für natürliche Fettweiden im Mittel einen Ertragsrückgang von  $\sim 1,8$  kg T/ha je Meter Seehöhe an. Auf mit wirtschaftseigenem Dünger gedüngten Flächen beträgt dieser Wert zwischen 3,2 und 5,7 kg T/ha und Meter Seehöhe (CAPUTA und SCHECHTNER, 1970). Auf der Südseite des Glocknergebietes wurde der Ertragsrückgang mit  $\sim 1,0$  kg T/ha je Meter Seehöhe festgelegt (SOLAR und LICHTENEGGER, 1981). Neben dem Ertrag spielt aber auch noch der Futterwert eine bedeutende Rolle. Die Nährstoffgehalte und deren Verwertbarkeit orientieren sich hier wieder an den Pflanzengesellschaften. Deren Koppelung an die Höhe und sonstige Einflussfaktoren führten bei (GRUBER et al., 1998) zu folgendem Ergebnis: Mit steigender Höhe nimmt der Eiweißgehalt der Pflanzen ab, dafür nimmt im Bereich der Strukturstoffe der Anteil von Lignin immer mehr zu. Dies führt dazu, dass der nutzbare Energiegehalt, angegeben in Megajoule (MJ) umsetzbare Energie (ME), langsam um 0,1 MJ ME pro 100 Meter Seehöhe sinkt. Ein Fütterungsversuch an Hammeln bestätigt diesen Zusammenhang. Vom Futter aus einer Seehöhe von 1.700 Metern wurde deutlich weniger gefressen als von jenem aus 1.100 Meter. Die tatsächliche Nutzbarkeit einer Alm für Weidetiere hängt aber auch noch mit den Managementbedingungen der Weidewirtschaft zusammen. Bei zu geringer Tierzahl verbleibt die Tierherde häufig zu lange in tieferen Lagen. Bis die Hochlagen erreicht werden, haben die dort verfügbaren Pflanzenbestände die Weidereife weit überschritten und werden von den Tieren nicht mehr entsprechend gefressen. Eine an sich gute Almweide kann so diametral an den Abgrund der Weideeignung geschoben werden (CAPUTA und SCHECHTNER, 1970; GRUBER et al., 1998). Der Futterwert sinkt von nahezu 10 MJ ME/kg T (= grünes Weidegras) auf 8 MJ/kg T (= aufgeschlossenes Getreidestroh).

Weitere für die Almbewertung notwendige Faktoren sind die Verfügbarkeit von Wasser und die topographischen Bedingungen der Alm. Wasser ist ein elementarer Stoff, der für Weidetiere unbedingt in guter Qualität und ausreichender Menge zur Verfügung stehen muss. Die Angabe einer Schüttmenge für eine Quelle ist nicht sinnvoll, jedoch soll die Tränke aus

einem wie immer auch gearteten Fließgewässer bestehen. Milchkühe brauchen vor allem während der Laktation große Wassermengen (40 – 80 Liter/ Tag) (METHLING und UNSHELM, 2002). Etwas genügsamer sind Jungrinder mit 20-30 Litern. Schafe können mit bis zu 4 Litern und Ziegen mit noch weniger Wasser auskommen. In manchen Regionen reicht der vorkommende Tau, um die Flüssigkeitsversorgung der Tiere über einige Tage ohne Tränke zu gewährleisten (ZALPVERLAG, 1998). Die Distanz zwischen Weidefläche und Tränke darf nicht zu groß sein. Die Annahme einer Distanz von 1.000 Metern kann im steilen Gebirge entlang des Höhengradienten bereits die ganze Talflanke bedeuten. Für die Berechnung der Distanz zur nächsten Quelle soll auf jeden Fall das Verhalten der Tiere und die Bedingungen des Geländes (angenähert in einer Reibungsoberfläche = friction surface) berücksichtigt werden (GANSKOPP et al., 2000).

Hinsichtlich der Topographie spielt vor allem die Hangneigung eine Rolle. Ausgewachsene Rinder haben durchaus über 600 kg Lebendgewicht und sind somit zu den Großtieren zu zählen. Ihre Geländegängigkeit ist reduziert, in zu steilem Gelände müssen sie sich quer zur Weide bewegen. Dies führt zur Bildung von Trittwegen, die wiederum die Erosionsgefahr fördern. Kleine Wiederkäuer wie Schafe und vor allem Ziegen sind nahezu unbegrenzt geländegängig.

Alle Tierarten benötigen Schutz bei schlechtem Wetter und Betreuung durch den Hirten. Dies sind auch die Gründe, warum der Erschließung der Almen in den letzten Jahren hohe Priorität eingeräumt wurde.

## So wird die Almbewertung umgesetzt

Die Almbewertung (ABM) auf der Basis der Satellitenbildklassifikation ist ein weitgehend automatisierbarer Prozess, der auf der Struktur folgender Arbeit entwickelt wurde:

EGGER, G., ANGERMANN, K., AIGNER, S. und BUCHGRABER, K. (2003): GIS-gestütztes Almbewertungsmodell. Umweltbüro Klagenfurt, Klagenfurt.

Die Autoren haben im ABM ein kon-

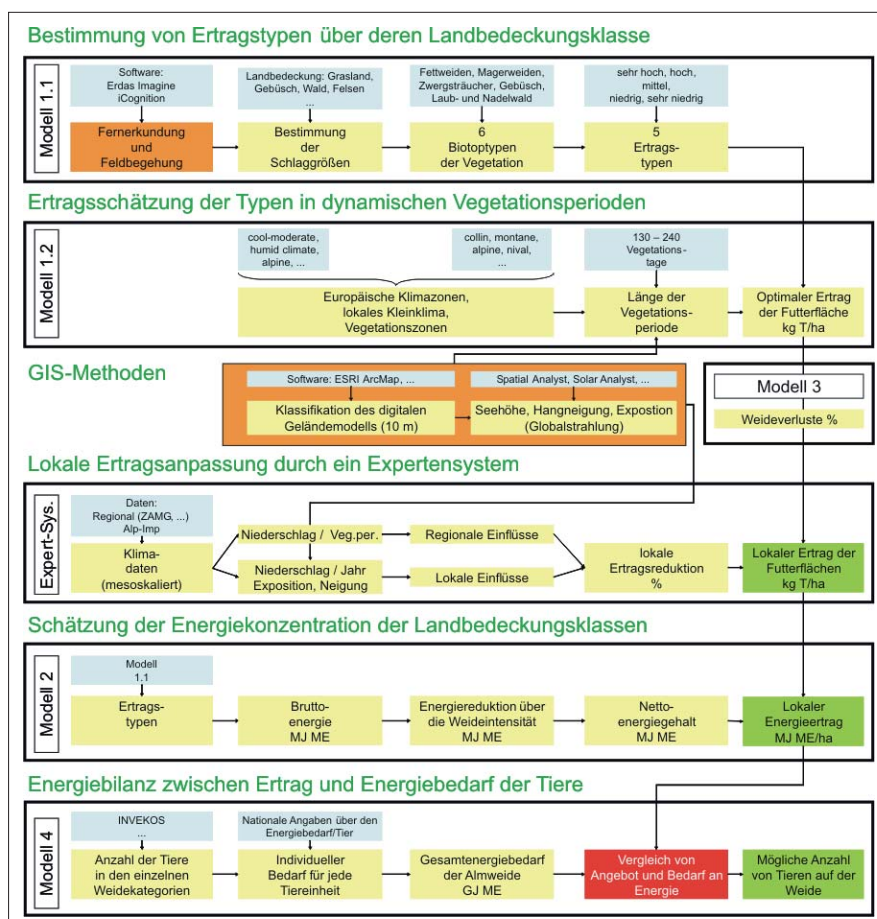


Abbildung 5: Ablaufmodell des Almbewertungsmodells

zeptionelles Modell zur Abschätzung von Energiemengen entworfen und an einigen Almen auch exemplarisch angewendet.

An der Basis der Umsetzung steht die fachliche Differenzierung unterschiedlicher Landbedeckungsklassen. Diese Differenzierung wird grob vorgenommen und fasst ihre Mitglieder in sogenannten Biotypen zusammen. Diese Typen sind Almweiden, Zwergstrauchheiden, Gebüsch, Weiden im Baumverbund, Wald, Infrastruktur, vegetationslose Flächen und Wasserflächen. Vor allem die Klasse der Almweiden ist von großer Bedeutung, da damit das nährstoffreiche Segment gemeint ist. Die Almweide wird über ihre Vegetationstypen als Fettweide oder Magerweide eingestuft. Neun unterschiedliche Klassen bilden die Grundgesamtheit, mit der eine Naturlandschaft in den Alpen beschrieben werden kann. Diese werden im zweiten Schritt von ihrem beschreibenden Charakter gelöst und in den Begriff der Quantität übertragen. Dieser ist stark mit der Nutzbarkeit als Tierfutter gekoppelt und heißt deshalb

Futtertyp. Futtertypen weisen den Biotypen unterschiedliche Quantitätsniveaus von sehr schwach wüchsig (1.400 kg Tm/ha) bis sehr stark wüchsig (3.800 kg Tm/ha) zu. Diese Zuordnung ist innerhalb der wichtigsten Klassen dynamisch und beschreibt z.B. den Strukturtyp Almweide mit dem Futtertyp mittel bis sehr schwach wüchsig in einem Polynom 2.Grades ( $y = (2,407 - 0.0814 x + 0.0011 x^2) * 100$ ,  $x = \text{Vegetationsdauer}$ ).

Die Vegetationsdauer wird von der Seehöhe in unterschiedlichen Klimagebieten abgeleitet. Für die Abschätzung des Energiegehaltes der Futtermittel wird ein ähnliches Modell verwendet. Die erste Schätzung von Trockenmasseertrag und Energiekonzentration führt zum „Optimalen Energieertrag“. Dies ist eine Bruttoschätzung, die in einem weiteren Schritt an die lokalen Bedingungen angepasst werden muss. Diese Anpassung erfordert ein Expertensystem, welches eine Reihe lokaler Parameter erfassen und die Mengen und Konzentrationsreduktionen berechnen kann. Die lokalen

Parameter sind der Jahresniederschlag, der Niederschlag in der Vegetationsdauer, die Seehöhe, Hangneigung und Exposition jedes Standortes sowie die Beweidungsintensität (Besatzdichte). Das Expertensystem reduziert den „Optimalen Energieertrag“ zu einem realistischen „Lokalen Energieertrag“. Setzt man diesen in ein Verhältnis zum Energie- und Futterbedarf der Weidetiere, kann eine Stoffbilanz durchgeführt werden. Das ABM bietet seinem Anwender eine geordnete Ablaufstruktur und eine Reihe von Formeln und Eckdaten zur Berechnung des lokalen Energieertrages. Zur Unterstützung des fachlichen Fundamentes im Bereich der Fett- und Magerweiden wird dieses durch eine mehrjährige systematische Untersuchung ergänzt. Das „Höhenprofil Johnsbach“ deckt auf einer nahezu idealen Nord-Süd Linie auf kleinstmöglichem Raum alle Schlüsselfaktoren typischer Standorte ab. Das Profil führt über zwei Gesteinstypen (Kalk, Kristallin), über zwei Expositionen (Süd-Ost bis Süd-West, Nord-Ost bis Nord-West) und über die lokal möglichen Höhenstufen (1.100 m, 1.300 m, 1.500 m, 1.700 m). Auf großen Versuchsflächen wurde Almfutter der Standorte händisch geerntet und am LFZ Raumberg-Gumpenstein ohne Bröckelverluste zu Heu konserviert. Dieses wurde in einem Verdauungsversuch an männliche Schafe verfüttert um den exakten verwertbaren Energiegehalt zu bestimmen (in vitro-Verdaulichkeit). Die Versuchsanlage wurde zwischen 1994 und 1997 wiederholt. Die systematische Ausprägung des „Höhenprofils Johnsbach“ bildet die Ergebnisse in gut nachvollziehbaren und qualitativ hochwertigen Formeln ab.

Die hier vorgestellte Almbewertung zielt auf zwei Endergebnisse ab:

1. Qualitative Eignung: Nach einem Punktesystem wird für jede Alm eine Punktesumme zwischen 0 und 5 berechnet. Je höher die Summe, desto besser die Alm. Die qualitative Bewertung gibt also eher aus der Sicht der Tierernährung Auskunft, welche Tierart in welches Almgebiet getrieben werden soll.
2. Quantitatives Potential: Geht der Frage nach, wieviel Futter in welcher Qualität auf der Alm vorhanden ist. Über



**Tabelle 2: Eignung der vorkommenden Vegetation**

Strukturtyp	Eignungsbewertung Schafe	Eignungsbewertung Ziegen
Fettweide	5	5
Magerweide	4	4
Waldweide	3	3
Hochstauden	2	3
Gebüsch	2	3
Latschen	2	4
Wald	1	1
Unproduktiv (Felsen, ...)	0	0

**Tabelle 3: Eignung aufgrund der Wasserversorgung**

Entfernung vom Wasser (km)	Eignungsbewertung
0-0,5	5
0,5-1	3
1-1,5	1
>1,5	0

mehrere Stufen werden die Ergebnisse von wissenschaftlichen Untersuchungen an die lokale Landbedeckung angepasst.

**Zur Qualität von Almweiden**

Die Qualität von Almweiden wird aus den Faktoren der lokalen Qualität der Vegetation (Strukturtypen), der Hangneigung der Almfutterflächen und der Wasserversorgung der Weidetiere im In-

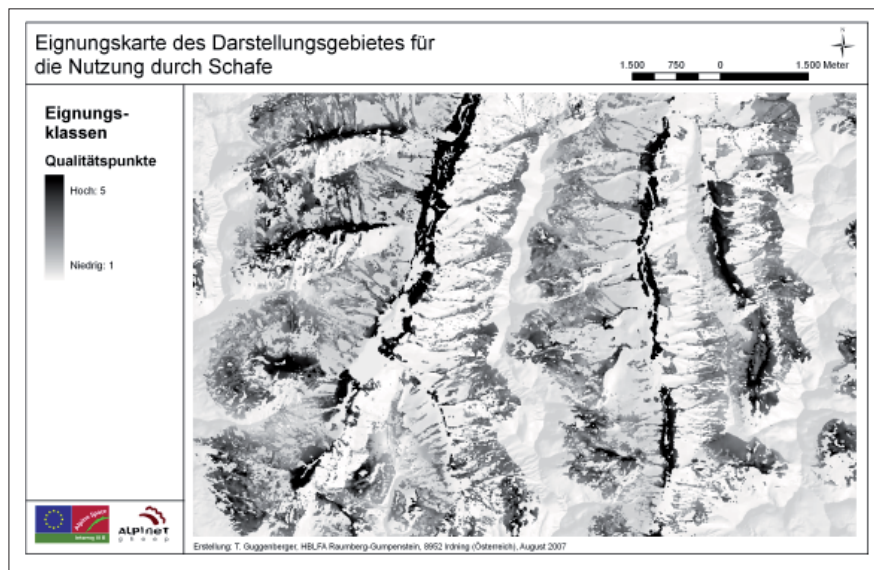
tervall 0 bis 5 Punkte berechnet. In einem Gewichtungprozess werden die nun vergleichbaren Klassen zu einer qualitativen Endbewertung zusammengefasst. Die Bestimmung der Klassengrenzen ist tierspezifisch und ergibt deshalb für Rinder, Schafe oder Ziegen ein anderes Endergebnis. Für Schafe und Ziegen wurden folgende Einzelbewertungen vorgeschlagen (GUGGENBERGER et al., 2008).

**Zum Potential von Almweiden**

Die Methodik der Qualitätsbestimmung von Almen wurde bereits bei der Beschreibung des ABM ausführlich dargestellt. Die Schätzung des Futter- und Energieertrages im Wirkungsbereich des LFZ Raumberg-Gumpenstein wird

**Tabelle 4: Eignung aufgrund der Hangneigung**

Hangneigung(°)		Eignungsbewertung	
Schafe	Ziegen	Schafe	Ziegen
0-20	21-40	5	5
21- 45	0-20	3	4
>45	41-50	1	3
	50-60		2
	>60		1



**Abbildung 6: Qualität der Almweiden (Schafe)**

für 4 Biotoptypen vorgenommen. In der nebenstehenden Tabelle und der daraus resultierenden Abbildung zeigt sich der optimale Futterertrag als eine Funktion der einzelnen Biotoptypen auf die Vegetationsdauer. In einem Vegetationsbereich von 120 - 200 Tagen (1100 – 2000 Meter Seehöhe) wird für Fettweiden ein Trockenmasseertrag zwischen 2.600 – 3.300 kg/ha, für Magerweiden zwischen 1.900 – 2.400 kg/ha berechnet. Die Biotoptypen Zwergstrauchheide und Gebüsch werden mit einem Ertragsbereich zwischen 600 und 1.200 kg/ha beschrieben. Die Gleichungen der Energiekonzentration von Fett- und Magerweide sind das Ergebnis einer kombinierten Auswertung aus botanischen Erhebungen und Energiegehalten. Die Energiedifferenz zwischen Fett- und Magerweide beträgt konstant 0,9 MJ ME/kg Trockenmasse (Tm).

**Ergebnisse aus der Anwendung in der Region Oberes Ennstal**

Wie bereits bei der Satellitenbildklassifikation angedeutet, wurde der gesamte vorgestellte Arbeitsprozess im Almengebiet des Oberen Ennstales im Bereich der Schladminger Tauern und des Dachsteinmassivs angewandt. Um das, für viele sicherlich vorerst noch nicht gut verständliche, Konzept schrittweise darzustellen, werden nun die einzelnen Ergebnisse dargestellt. Insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass hohe Punktezahlen beste Bedingungen garantieren, während im mittleren und niedrigeren Segment zunehmend schlechtere Bedingungen auftreten. Die Beurteilung kann also parallel zu den Bedürfnissen der Tierarten verlaufen. Rinder, vor allem Milchrinder, haben hohe Ansprüche, Schafe und Ziegen mittlere. Wildtiere können auch im extensiven Bereich überleben. Für die drei Tierspektren wurden folgende Grenzen gesetzt, die nun als Nutzungsklassen bezeichnet werden:

- Hoch: Rinder inkl. Milchkühe - mehr als 4,25 Punkte
- Mittel: Schafe und Ziegen - zwischen 3,25 und 4,25 Punkte
- Niedrig: Wildtiere - weniger als 3,25 Punkte

Die ursprünglichen Landbedeckungsklassen finden sich zu unterschiedlichen Anteilen in den Nutzungsklassen. Die Nutzung Hoch wird zu 15,6 % aus Fettweiden, zu 83,3 % aus Magerweiden und zu 1,1 % aus Zwergsträuchern gebildet. Die Nutzung Mittel setzt sich aus 2,3 % Fettweiden, 63,5 % Magerweiden und 34,2% Zwergsträuchern zusammen. Die Nutzung Niedrig besteht aus 37,7 % Magerweiden und 63,3% Zwergsträuchern. Nach der Umsetzung der Qualitätsprüfung in der Untersuchungsregion zeigt sich eine vollständig normalverteilte Kurve, die im Intervall 0 - 5,5 ihren Wendepunkt bei 2,72 Punkten aufweist. In den Nutzungstypen Hoch (Intervall 4,25 – 5,5) wird ein Durchschnittswert von 4,5 (+/- 0,25) Punkten erreicht, im Nutzungstyp Mittel (Intervall 3,25 – 4,25) von 3,6 (+/- 0,27) Punkten und im Nutzungstyp Niedrig (Intervall 0 – 3,25) von 2,4 (+/- 0,6) Punkten. Insgesamt zeigen sich 7,9 % als hoch geeignet, 42,1 % als mittel und 50 % als niedrig für die Nutzung als Almweide für landwirtschaftliche Nutztiere geeignet.

### Futter- und Energieertrag

Bedingt durch die Länge der Vegetationsdauer in unterschiedlichen Höhenlagen und den dominierenden Landbedeckungsklassen ergibt sich eine große Variationsbreite der Flächen, deren Ertrag von nahezu 0 bis ca. 3.700 kg Trockenmasse (Tm)/ha reicht. In der Nutzungsklasse Hoch wird ein mittlerer Ertrag von 1.860 kg (+/- 821), in der Klasse Mittel von 1.010 kg (+/- 580 kg) und im Bereich Niedrig von 820 kg (+/- 280) pro ha erzielt. Im Referenzmaterial des Höhenprofils Johnsbach wird in vergleichbarer durchschnittlicher Höhenlage für eine gleichartige Nutzungsklassifikation und hohe Nutzungseignung ein Ertrag von 1.840 kg und für eine mittlere Nutzungseignung von 1.180 kg erzielt (GRUBER et al., 1998). Die wissenschaftlichen Erkenntnisse konnten also vergleichsweise gut umgesetzt werden.

Ähnlich dem Futterertrag ist auch der Energiegehalt der Pflanzen an die Pflanzengesellschaft und deren bevorzugte Höhenlage gebunden. Der Energiegehalt der Pflanzen zum idealen Weidezeitpunkt beträgt für den Nutzungstyp Hoch 9,9 MJ ME/kg Tm, für den Nutzungstyp

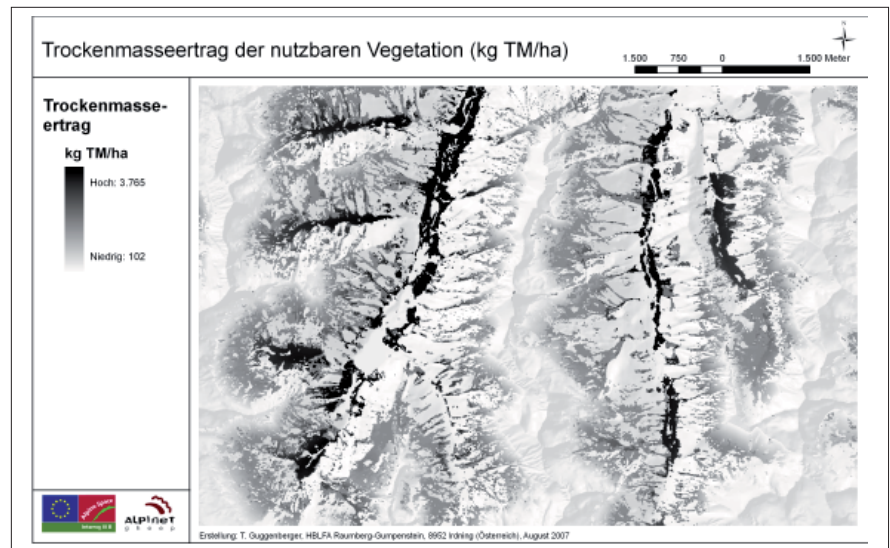


Abbildung 7: Lokaler Futterertrag

Mittel 9,1 MJ ME/kg Tm und für den Nutzungstyp Niedrig 8,4 MJ/kg Tm. Der ideale Weidezeitpunkt wird auf Almen nur dann erreicht, wenn der Tierbesatz gut an die Flächengröße angepasst ist. Reicht der Tierbesatz nicht aus, sinkt die durchschnittliche Qualität des Futters, eine Reduktion des Energiegehaltes wird notwendig. Das Ausmaß der Reduktion kann am Tierbesatz GVE/ha festgemacht werden. Gemäß APM ist eine Reduktion von maximal 1,6 MJ ME sinnvoll. Abschläge werden linear ab einem Besatz von 1 GVE/ha gemacht. Nach Berücksichtigung dieser Aspekte werden folgende Energiegehalte erzielt: Hoch 9,0 MJ ME/kg Tm, Mittel 7,8 MJ ME/kg Tm und Niedrig 7,0 MJ ME/kg Tm. Diese Bereiche decken sich mit den Analyseergebnissen von 701 Futterproben der „Futterwerttabelle für das Grundfutter im Alpenraum“ (RESCH et al., 2006).

### Verteilung der aktuellen Beweidung

Eine Potentialabschätzung als Planungsgrundlage muss die aktuelle Nutzung der Almen berücksichtigen. Im Gebiet der Schladminger Tauern finden sich kaum Milchviehalmen, deshalb wurde der Nährstoffbedarf für Kühe lediglich über den Erhaltungsbedarf angesetzt. Für Milchkühe mit 650 kg Lebendgewicht ergibt sich beispielsweise pro Tag ein Bedarf von 62 MJ ME, für Schafe ein Bedarf von 13 MJ ME. Insgesamt wird innerhalb des Untersuchungsgebietes die enorme Energiemenge von 29.400

GJ/ME genutzt. Die Rinder verbrauchen davon 87 %. In der Ermittlung potentieller Flächen sollen jene Gebiete ausgeschlossen werden, die hinsichtlich ihrer Qualitätsbewertung für die jeweiligen Tiere schon verbraucht werden. Diese sind in der nebenstehenden Abbildung rot dargestellt. Das Restpotential nach Abzug des aktuellen Energiebedarfes wird in zwei Bereiche unterteilt. Regionen, die ob ihrer Qualität für Schafe und Ziegen geeignet sind, und Regionen für Wildtiere.

### Offene Weidepotentiale

Für die Berechnung des Potentials in der Untersuchungsregion wird abschließend die freie Fläche und deren Futterertrag in eine Anzahl von möglichen Weideeinheiten der Tierart Schaf umgerechnet. Für eine jährliche Vollnutzung fehlen im Untersuchungsgebiet rund 23.000 Schafe, die eine Fläche von 9.000 ha nutzen könnten. Der dafür notwendige Ertrag von 500 kg/ha wird auf den alpinen Magerweiden durchaus erreicht. Dass diese Zahl natürlich unrealistisch ist, da diese Tiere auch die entsprechenden Winterfutterflächen im Tal benötigen, ist klar. In einer dreijährigen Rotation würden aber nur rund 8.000 Schafe benötigt – diese Anzahl wäre durchaus aufzubringen.

### Zusammenfassung

Nach der ausführlichen Erklärung zur Methodik der Almbewertung mit Satellitenbildern sind nun noch die vier Eingangsfragen zu beantworten.



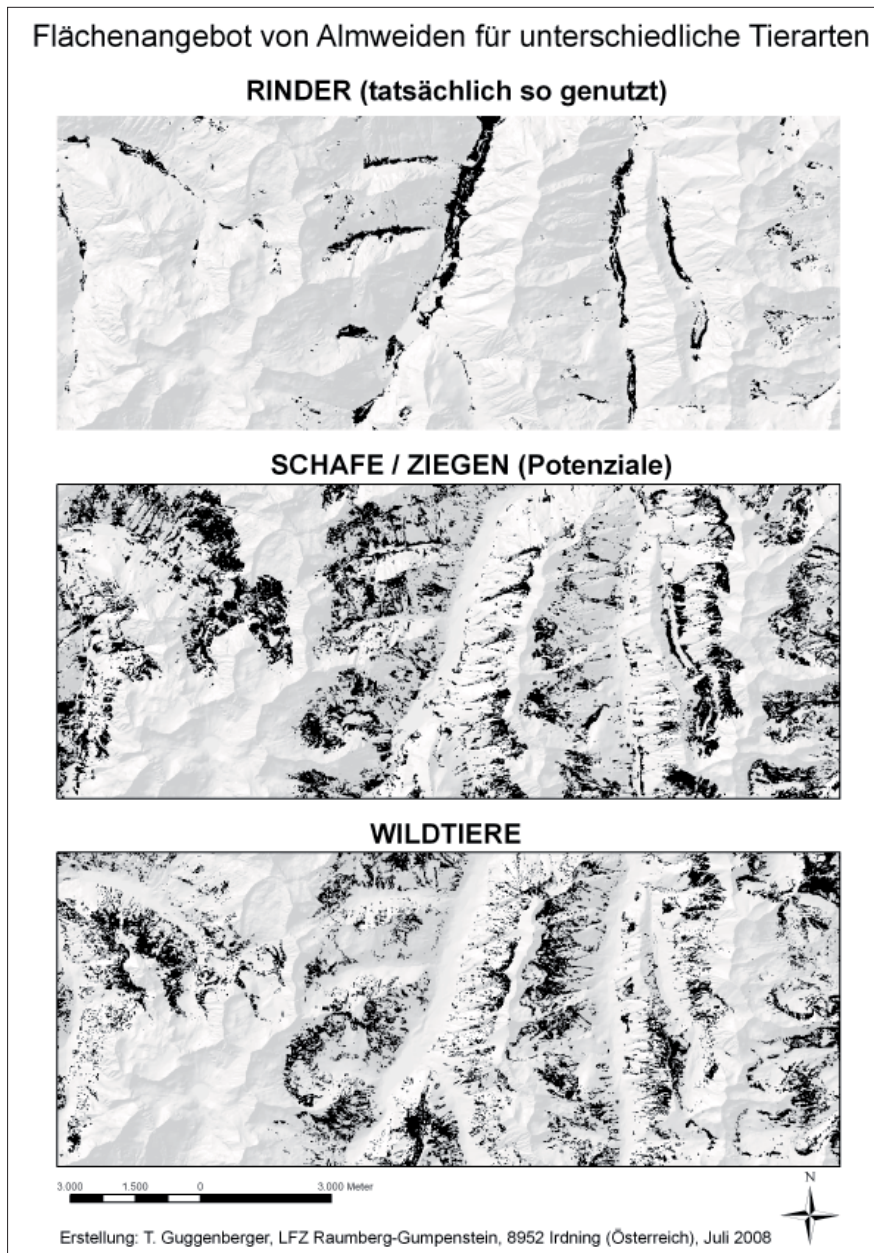


Abbildung 8: Aktuelle Nutzung und zukünftige Potentiale

Die starke Verknüpfung zwischen der Bewirtschaftung der Höfe im Tal und der Almwirtschaft wurde dargestellt – werden die Talbetriebe aufgegeben, sterben auch die Almen. Aber auch die Intensivierung der Talbetriebe auf Basis von Hochleistungskühen hat der Almwirtschaft eher geschadet. Zukünftige, standortgerechte Systeme, die besser an die alpinen Bedingungen angepasst sind, fördern auch die Almwirtschaft.

Almwirtschaft soll planbar sein! Die dafür notwendigen räumlichen Basisdaten werden derzeit im Almkataster abgelegt. Die so entstandenen Flächeneinheiten sind aber nur hinsichtlich ihrer Größe bekannt, über die Art der Pflanzenfamilien

werden keine Aussagen gemacht. Über die spektrale Reflexion von Sonnenlicht von den Blättern der Pflanzen und dem Einsatz von Satellitendaten ist jedoch mit einer mittleren Genauigkeit von 89 % eine Aussage über grobe Landbedeckungsklassen möglich. Bei einer feineren Analyse – der Unterscheidung von Fett- und Magerweiden – sinkt dieser Wert allerdings auf 66 %. Deshalb sollen lokale Projekte auch von Experten aus dem Pflanzenbau beurteilt werden. Es steht jedoch fest: Die vorgestellte Methode hat ein großes Potential für die Almbewertung!

Durch die Entwicklung einer qualitativen und quantitativen Bewertung können

nun die Aspekte der Tierhaltung und das nutzbare Potential verbunden werden. Die Flächen können über ihre Qualität den Tierkategorien zugeordnet werden. Anschließend kann die Anzahl der möglichen Weidetiere berechnet werden.

Bleiben letztendlich alle anderen Aspekte, die von der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft, der Jagd, dem Tourismus und dem Naturschutz an die Planung der Almwirtschaft herangetragen werden. Hier enden die Möglichkeiten der großräumigen Analyse. Ein Umstieg auf feinere Konzepte der Almbewertung ist notwendig – sowohl die Planung des Weidemanagements als auch individuelle Zukunftsszenarien bedürfen eng vernetzter Methoden. Darüber hinaus ist ein hoher Grad an sozialer Integrationsfähigkeit für alle Interessenten notwendig.

## Literatur

- ALBERTZ, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung: Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern, Wiss. Buchges., Darmstadt, 249 S.
- AMA (2008): Maßnahmenklärung ÖPUL 2007 - Alping und Behirtung. (A. Austria, ed.), Wien.
- BLASCHKA, A. und KICKINGER, S. (2007): Felderhebung von Pflanzengesellschaften als Grundlage des Remote Sensing. In „Internes Projektmeeting Interreg III B Gheep“, Pordenone, Italien.
- BMLFUW (2008): Grüner Bericht 2007, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BRAUN BLANQUET, J. (1928): Pflanzensoziologische Grundzüge der Vegetationskunde. In Biologische Studienbücher (W. Schönicher, ed.), Vol. 7. 330 ff. Springer, Berlin.
- BUCHGRABER, K. (2000): Ertragspotential und Artenvielfalt auf Grünlandstandorten im Berggebiet. In MAB Forschungsbericht Landschaft und Landwirtschaft im Wandel. 181-189 ff. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irdning.
- CAPUTA, J. und SCHECHTNER, G. (1970): Wachstumsrhythmus und Stickstoffwirkung auf natürlichen Beständen der Bergweiden. Das wirtschaftseigene Futter (16), 165-182.
- CERNUSCA, A. und SEEBER, M. C. (1989): Phytomasse, Bestandesstruktur und Mikroklima von Grasland-Ökosystemen zwischen 1612 und 2300 m MH in den Alpen. In Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. 419-462 ff. Universitätsverlag Innsbruck, Innsbruck.
- CLARK, R. N., SWAYZE, G. A., WISE, R., LIVIO, K. E., HOEFEN, T. M., KOKALY, R. F. und SUTLEY, S. J. (2003): USGS Digital Spectral Library <http://pubs.usgs.gov/of/2003/>

- ofr-03-395/datatable.html.
- EGGER, G., AIGNER, S. und ANGERMANN, K. (2002/2003): 5 Almwirtschaftspläne in Österreich. Institut für Ökologie und Umweltplanung, Klagenfurt.
- EGGER, G., ANGERMANN, K., AIGNER, S. und BUCHGRABER, K. (2003): GIS-gestütztes Almbewertungsmodell. Umweltbüro Klagenfurt, Klagenfurt.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- ERDAS (2008): Erdas Field Guide, <http://gi.leica-geosystems.com/LGISub2x514x0.aspx>, zuletzt besucht: 14.04.2008.
- GANSKOPP, D., CRUZ, R. und JOHNSON, D. E. (2000): Least-effort pathways?: a GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Applied Animal Behaviour Science* (68), 179-190.
- GRUBER, L., GUGGENBERGER, T., STEINWIDDER, A., SCHAUER, A., HÄUSLER, J., STEINWENDER, R. und SOBOTIK, M. (1998): Ertrag und Futterqualität von Almfutter des Höhenprofils Johnsbach in Abhängigkeit von Standortfaktoren. In „4. Alpenländisches Expertenforum - Zeitgemäße Almbewirtschaftung sowie Bewertung von Almflächen und Waldweiden“, BAL Gumpenstein.
- GUGGENBERGER, T. (2008): Energieströme und Energiebilanzen in der Landwirtschaft. In „Wintertagung 2008“, Aigen im Ennstal.
- GUGGENBERGER, T., DE ROS, G. und VENERUS, S. (2008): The right place - An integrated model for the evaluation of suitability and estimation of potential on alpine pastures for sheep and goats, HBLFA Raumberg Gumpenstein.
- HAUFF, V. (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Eggenkamp-Verlag, Greven 318 S.
- HILL, R. A., GRANICA, K., SMITH, G. M. und SCHARDT, M. (2007): Representation of an alpine treeline ecotone in SPOT 5 HRG data. *Remote Sensing of Environment* (110), 458-467.
- INVEKOS (2004): Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- JENSEN, J. R. (1995): *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA.
- METHLING, W. und UNSHELM, J. (2002): *Umwelt- und tiergerechte Haltung*, Parey Buchverlag, Berlin.
- ÖSTZ (1988): *Die Almwirtschaft in Österreich im Jahr 1986 - Ergebnisse der Almerhebung*, Wien.
- RESCH, R., GUGGENBERGER, T., GRUBER, L., RINGDORFER, F., BUCHGRABER, K., WIEDNER, G., KASAL, A. und WURM, K. (2006): Futterwerttabelle für das Grundfutter im Alpenraum. *Fortschrittlicher Landwirt* (Heft 24).
- SOLAR, F. und LICHTENEGGER, E. (1981): Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standort-Catena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. In „3. Sonderheft der Mitteilungen der Ö.B.G. Führer zur Exkursion durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten“, pp. 166-182.
- STIEGLER, M. (2008): Erhebung der Almfutterflächen, persönliche Mitteilung.
- ZALPVERLAG (1998): *Neues Handbuch Alp - Handfestes für Alpleute, erstaunliches für Zaungäste*, zalpverlag.