

Anhang I  
Bodennutzungsklassifikation für die Südpfalz,  
Fernerkundung

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>3</b>
1.1	Vorbemerkung	3
1.2	Eingangsdaten	3
<b>2</b>	<b>Methodik</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Aufbereitung der Satellitenbilddaten</b>	<b>6</b>
3.1	Radiometrische Korrektur	6
3.2	Geometrische Korrektur	6
3.3	Berechnung von Indizes	6
<b>4</b>	<b>Klassifikation</b>	<b>7</b>
4.1	Landwirtschaftlich genutzte Flächen	7
4.2	Waldbereiche	8
4.3	Siedlungsbereiche	9
<b>5</b>	<b>Zusammenführung der Klassifikationsergebnisse</b>	<b>9</b>

## 1 Datengrundlage

### 1.1 Vorbemerkung

Ziel der fernerkundlichen Auswertung war eine möglichst detaillierte Erfassung der Bodenbedeckungs- und Nutzungsverhältnisse im Jahr 2009 im Modellgebiet und hierbei insbesondere im Gebiet des Beregnungsverbandes. Eine solche Nutzungsklassifizierung in intensiv landwirtschaftlich genutzten, zum Teil kleinparzelligen Räumen stellt hohe Anforderungen an die Güte der Ausgangsdaten. Neben einer hohen räumlichen und spektralen Auflösung der Satellitenbilder ist vor allem das Vorliegen eines multitemporalen Datensatzes - also die Betrachtung der Daten mehrerer Aufnahmezeitpunkte innerhalb der Vegetationsperiode - entscheidend für die Qualität des Klassifikationsergebnisses.

### 1.2 Eingangsdaten

Unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen wurde die Daten-Verfügbarkeit geeigneter Sensoren (Landsat 5, Aster, SPOT, IRS) für das Jahr 2009 geprüft. Aufgrund der durch Bewölkungssituation, Repetitionsrate und ggf. durch Betriebsstörungen bedingten Datenlage fiel die Wahl auf Bilddaten des Landsat 5 TM (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Kenndaten des Landsat 5 TM

Sensor	Thematic Mapper (TM)			
Betrieb	seit 1982			
Pixelgröße	Band	Wellenlänge	Bereich	Auflösung
Spektralkanäle	1	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$	Blau-Grün	30 x 30 m <sup>2</sup>
	2	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$	Grün	30 x 30 m <sup>2</sup>
	3	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	Rot	30 x 30 m <sup>2</sup>
	4	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$	Nahes Infrarot	30 x 30 m <sup>2</sup>
	5	1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$	Mittleres Infrarot	30 x 30 m <sup>2</sup>
	7	2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$	Mittleres Infrarot	30 x 30 m <sup>2</sup>
	6	10,4 - 12,5 $\mu\text{m}$	Thermales Infrarot	120 x 120 m <sup>2</sup>

Folgende Szenen mit weitgehend klaren atmosphärischen Verhältnissen gingen in die Klassifikation ein:

- Path 195 / Row 26 vom 25.05.2009,
- Path 196 / Row 26 vom 17.06.2009,
- Path 196 / Row 26 vom 20.08.2009.

Des Weiteren standen folgende Geodaten und Flächenstatistiken ergänzend zur Verfügung

- ATKIS-Daten
- Orthofotos (teilweise)
- Nutzungsklassifikation von 2000 (teilweise)
- InVeKoS-Daten (2008)
- Amtliche Flächenstatistiken (2007, 2008)
- Befragung zu den Anbauverhältnissen im Jahr 2009

## 2 Methodik

Die Grundlage multitemporaler Klassifikationsverfahren in der Fernerkundung bildet die Tatsache, dass sich die Reflexionseigenschaften der einzelnen Landbedeckungsklassen im Laufe des Jahres auf charakteristische Weise ändern. Aus der Zuordnung dieser Reflexionskurven zu vor Ort stichprobenartig identifizierten Trainingsgebieten lässt sich eine flächendeckende Klassifikation ableiten. Die Verwendung der Satellitenbilddaten mehrerer Aufnahmezeitpunkte ermöglicht eine feine Differenzierung der Landbedeckung mit hoher Genauigkeit.

Es wurde eine Kombination aus unüberwachten und überwachten Klassifikationsverfahren eingesetzt. Um eine optimale Trennung innerhalb der ackerbaulichen Nutzungstypen zu erreichen, wurde dreigleisig verfahren. Hierfür wurde mittels der ATKIS-Daten zunächst eine räumliche Segmentierung in Wald-, Siedlungs- und landwirtschaftlich genutzte Bereiche vorgenommen. Die resultierenden Teilbereiche wurden dann getrennt mit jeweils optimierten Sätzen von Eingangsparametern klassifiziert und in einem letzten Schritt zusammengeführt. Offene Wasserflächen sind leicht zu identifizieren und wurden im Rahmen der Klassifizierung der landwirtschaftlich genutzten Bereiche identifiziert.

Vor der Erstellung der Klassifikationsstrategien wurden - nach Teilgebieten getrennt - Korrelationsanalysen und diverse Klassifikations-Testläufe mit den Landsat-Bändern 1-5 und 7 und den oben genannten Indizes durchgeführt. Hierdurch sollte eine optimale Auswahl der in der Klassifikation zu verwendenden Daten gewährleistet werden.

Abb. 1 veranschaulicht den finalen Klassifikationsalgorithmus.

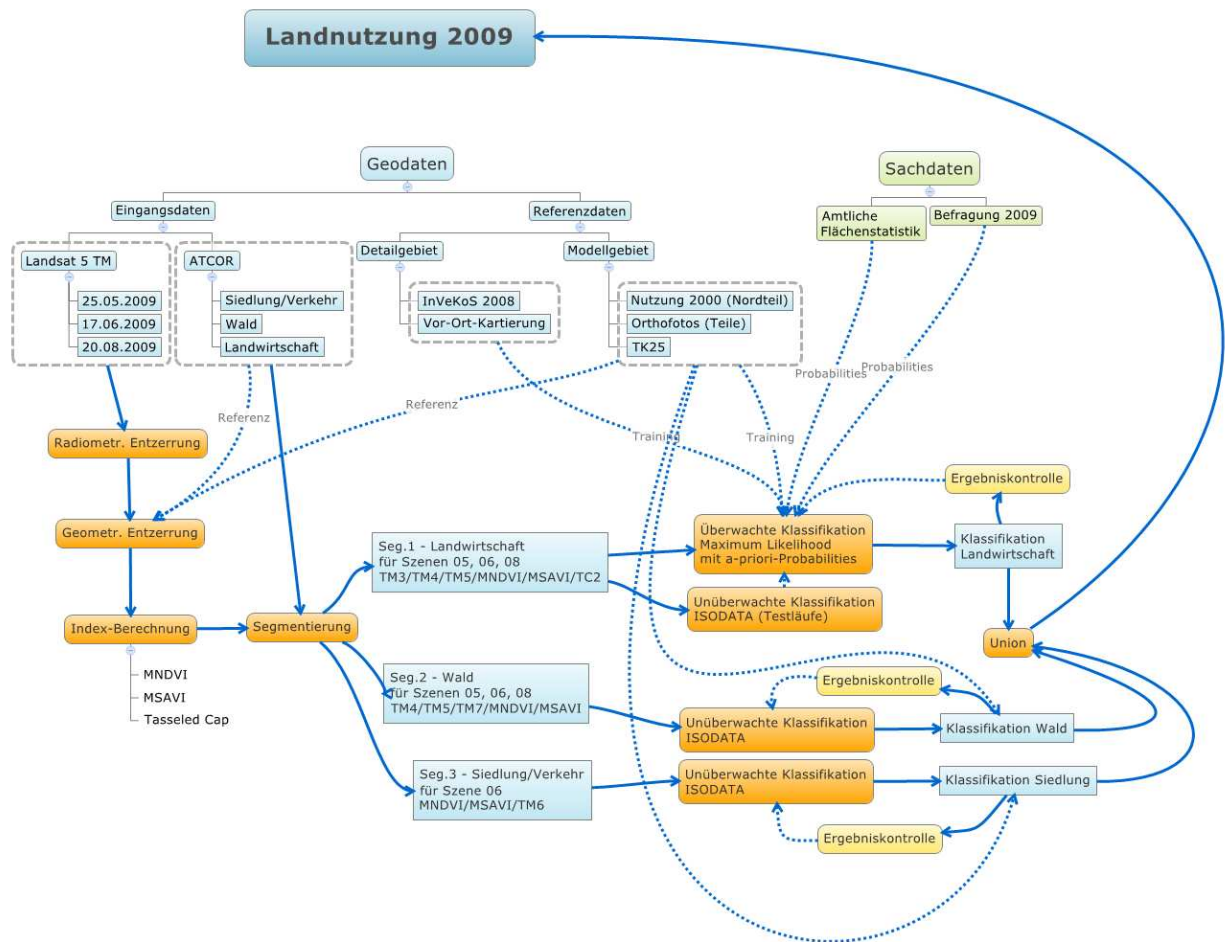


Abb. 1: Klassifikations-Algorithmus

## **3 Aufbereitung der Satellitenbilddaten**

### **3.1 Radiometrische Korrektur**

Um die atmosphärischen Einflüsse in den Bilddaten abzuschwächen und die Szenen aneinander anzugleichen wurde zunächst eine Atmosphärenkorrektur mittels des i.atcorr-Moduls der Software GRASS durchgeführt. Im Laufe des Verfahrens werden außerdem die Bildwerte der Originaldaten in Reflexionswerte überführt. Aus Landsat-Band TM6 (thermisches Infrarot) wurden die Oberflächentemperaturen zum Aufnahmezeitpunkt (etwa 10h) berechnet.

### **3.2 Geometrische Korrektur**

Anschließend wurden die Satellitenbilder anhand von Atkis-Daten, Orthofotos und topographischer Karte zum geographischen Raum und zueinander georeferenziert. Hierbei wurde mit höchster Sorgfalt vorgegangen, da eine korrekte Lage-Beziehung der Bilddaten untereinander für eine multitemporale Auswertung entscheidend ist. Im Rahmen des Georektifizierungsprozesses wurden die Daten daher von der originalen Rasterweite von 30 m auf eine Rasterweite von 10 m skaliert.

### **3.3 Berechnung von Indizes**

Durch geeignete Kombination der Reflexionswerte der einzelnen Kanäle zu sogenannten Indizes ergeben sich synthetische Bänder, die gegenüber den (radiometrisch und geometrisch korrigierten) Originaldaten zusätzlichen Informationswert beinhalten und / oder bestimmte Aspekte der Bedeckung der Landoberfläche herausstellen. Als besonders nützlich in Bezug auf eine Nutzungsklassifikation erweist sich hier die Gruppe der Vegetationsindizes.

Für alle Zeitpunkte wurden daher folgende Indizes berechnet:

- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- Modified Normalized Difference Vegetation Index (MNDVI)
- Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)
- Tasseled Cap Brightness, Greenness und Wetness

## 4 Klassifikation

### 4.1 Landwirtschaftlich genutzte Flächen

Da in diesem Bereich die größte Differenzierung gewünscht war, wurde dementsprechend der größte Aufwand betrieben.

Durchgeführt wurde eine durch die Vorgabe von a-priori-Wahrscheinlichkeiten für die Nutzungstypen unterstützte überwachte Maximum Likelihood-Klassifikation. Die Flächenstatistiken lieferten die Grundlage für die Erstellung der Eingangs-Wahrscheinlichkeiten. Um den regionalen Unterschieden in den Anbauverhältnissen Rechnung zu tragen, wurde das Untersuchungsgebiet in 10 weitere Untereinheiten aufgeteilt, deren Abgrenzung sich an den räumlichen Bezugseinheiten der benutzten Statistiken orientierten.

Die Klassifikation wurde für jede dieser 10 Untereinheiten mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeiten getrennt durchgeführt. Die Teilergebnisse wurden am Ende zusammengefügt.

Nach umfassender Prüfung erwies sich eine Kombination der Landsat-Bänder TM3, TM4, TM5 sowie der Indizes MNDVI, MSAVI und Tasseled Cap Greenness, jeweils aller Aufnahmezeitpunkte, als am besten geeignet.

Als Referenz in Bezug auf die Trainingsgebiete, anhand derer der Maximum-Likelihood-Algorithmus die Spektralklassen für die Klassifikation erstellt, dienten in erster Linie die Informationen aus der Vor-Ort-Begehung sowie ergänzend die vorliegenden InVeKoS-Daten von 2008. Anhand dieser Vor-Ort-Kartierungen und der durchgeführten Klassifikations-Testläufe wurden folgende Nutzungsklassen innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen definiert:

- Grünland
- Obstbau
- Rebflächen
- Weizen / Sommergerste
- Roggen / Triticale / Wintergerste
- Mais
- Zuckerrübe
- Kartoffel
- Tabak
- Radies
- Zwiebel
- Salat
- Möhre
- Spargel
- Sonstige Feldgemüse, Gewürzpflanzen
- Brache
- Sonstige landwirtschaftliche Flächen

Die Trennungsschärfe der Spektralmuster und damit die Zuweisungssicherheit zu den Nutzungstypen ist unterschiedlich hoch. Kulturen mit mehrfachem Anbau im Jahr, deren Bestände sich zum gleichen Zeitpunkt auf unterschiedlichen Parzellen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden (z.B. Radies, Salat), sind naturgemäß mit einer größeren Unsicherheit behaftet, als solche mit charakteristischem Jahresgang der Spektralsignatur (z.B. Spargel, Mais, Zuckerrübe, Getreide).

Hinzu kommen Unschärfen, die bei kleinen Parzellgrößen oder an Parzellenrändern auftreten und auf daraus resultierenden Rasterzellen mit mehreren Nutzungen (Mischpixeln) beruhen.

Um solche Fehler zu minimieren, wurden mit geringerer Sicherheit zugewiesene Pixel anhand eines Distanzrasters (Distanz des Pixels zur Spektralklassenmitte der Spektralklasse) identifiziert und jeweils der Klasse mit der größten Häufigkeit in der Nachbarschaft zugewiesen.

Ein Vergleich der Klassifikationsergebnisse mit den Eingangsstatistiken zeigt dennoch eine gute Übereinstimmung bezüglich der Flächenanteile. Auch die Referenzflächen aus der Vor-Ort-Begehung werden im Klassifikationsergebnis gut abgebildet. Eine Bewertung des Klassifikationsergebnisses anhand nicht als Eingangsdaten verwendeter Referenzdaten aus der Geländebegehung wurde mangels Daten nicht durchgeführt.

## 4.2 Waldbereiche

Die Waldbereiche wurden mittels unüberwachter Klassifikation mit dem ISODATA-Algorithmus klassifiziert. Hierbei erfolgt die Klassifikation in eine vorgegebene Anzahl von Klassen anhand der spektralen Eigenschaften und Verteilung der Eingangsdaten, zunächst unabhängig von Trainingsgebieten. Die Zuweisung der so erstellten Klassen zu den Waldtypen erfolgt im Nachhinein durch Vergleich der Ergebnisse mit Luftbildern und visueller Auswertung der Satellitenbilder.

Als Eingangsdaten dienten die Landsat-Bänder TM4, TM5, TM7 sowie die Indizes MNDVI und MSAVI, jeweils aller Aufnahmezeitpunkte.

Die bei der Klassifikation unterschiedenen 12 Spektralklassen wurden folgenden Waldtypen zugeordnet:

- Nadelwald
- Mischwald
- Laubwald
- Vorwald / Feldgehölz / Aufforstung

Bei der Klassifikation wurde eine sehr hohe Zuweisungssicherheit erzielt.



## 4.3 Siedlungsbereiche

Auch in den Siedlungsbereichen wurde eine unüberwachte ISODATA-Klassifikation durchgeführt. In Siedlungsgebieten sind in erster Linie der Grünanteil sowie damit umgekehrt in Zusammenhang stehend Versiegelungsgrade von Interesse, die Art der Vegetation ist sekundär. Um die Trennschärfe diesbezüglich zu erhöhen, wurde in diesen Bereichen auf eine multitemporale Auswertung verzichtet und stattdessen die aus Band 6 abgeleitete Oberflächentemperatur einbezogen. Durch die Verwendung der Temperatur mit einer Rastergröße von nur 120 x 120 m<sup>2</sup> wurde zudem eine gewisse Glättung des Klassifikationsergebnisses erreicht, welche dem in seiner Charakteristik einem Flächenmittel entsprechendem Parameter „Bebauungsdichte“ gerecht wird.

Eine Kombination der Indizes MNDVI und MSAVI sowie der Oberflächentemperatur, jeweils der Juni-Aufnahme, führte zu einer guten Abgrenzung von Siedlungsklassen nach Bebauungsdichte:

- Dichte Bebauung
- Mitteldichte Bebauung
- Lockere Bebauung
- Grünflächen, Parks, Gärten

Auch hier wurde ein sehr gutes Klassifikationsergebnis erzielt.

## 5 Zusammenführung der Klassifikationsergebnisse

Nach Durchführung der Klassifikationen wurden die Ergebnisse zu einem lückenlosen Ergebnis-Raster zusammengefügt. Um den „Salt and Pepper“-Effekt in der Landnutzungskarte zu vermindern, wurde abschließend eine Glättung mit einem Modalfilter (5x5 Pixel) durchgeführt. Die Landnutzungsklassifikation für die Südpfalz zeigt **Anlage 6** im Hauptbericht.