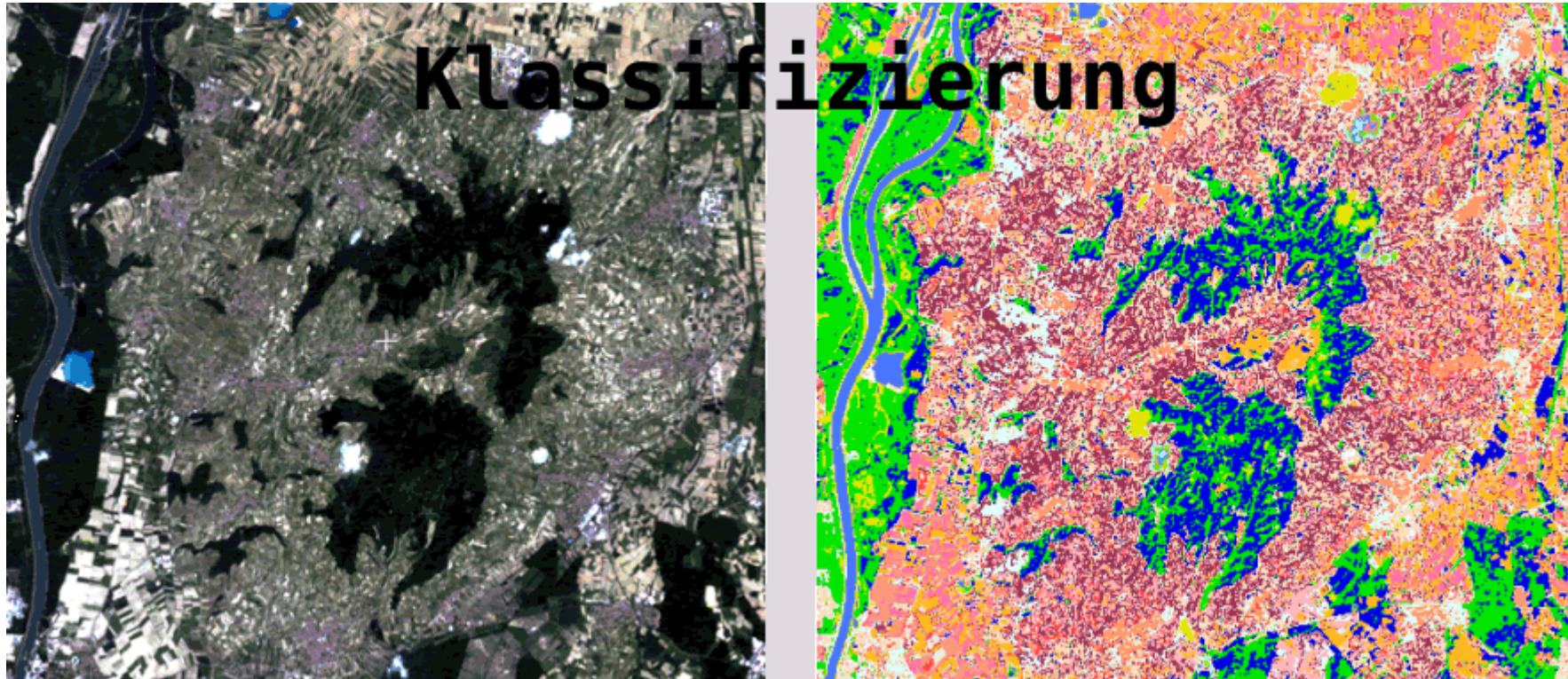
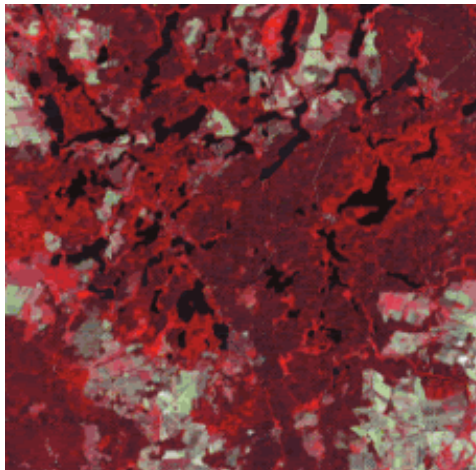


Fernerkundung **Klassifizierung**

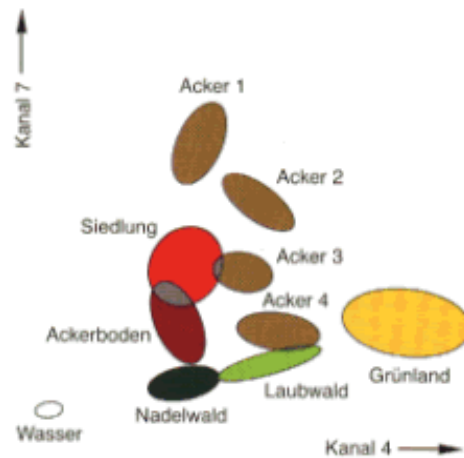


Fernerkundung **Klassifizierung**

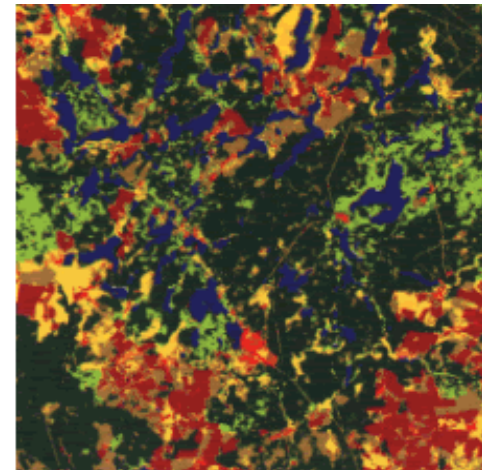
Klassifizierung



742



Klassen



Karte / GIS

Quelle: Albers (2001): Einführung in die Fernerkundung



Fernerkundung **Klassifizierung**

Klassifizierung

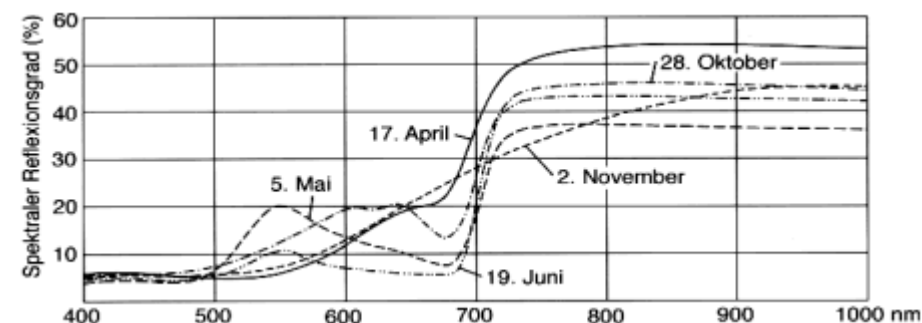
multispektrale Klassifizierung:

unterschiedliche spektrale
Eigenschaften
spektrale Signaturen



multitemporale Klassifizierung:

zu verschiedenen Zeitpunkten
unterschiedliche spektrale Eigenschaften

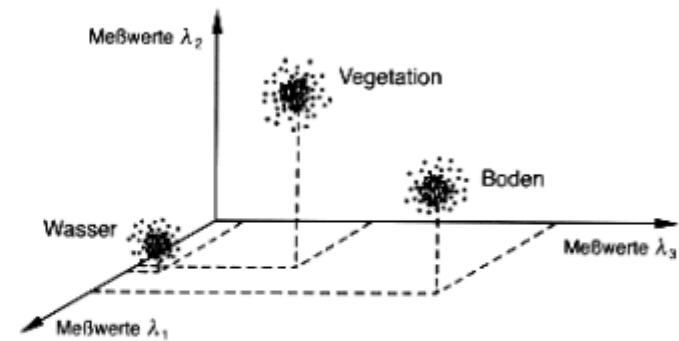
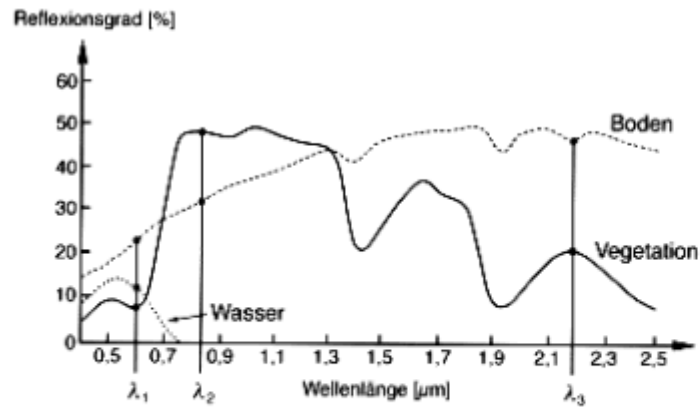


Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung



Fernerkundung **Klassifizierung**

Prinzip der Multispektralklassifizierung



Voraussetzungen

Merkmalsraum

„Spektralklassen vs. Informationsklassen“

Quelle: Albertz (2001): Einführung in die Fernerkundung



Fernerkundung **Klassifizierung**

Verfahren zur Klassifizierung

Unüberwachte Klassifizierung

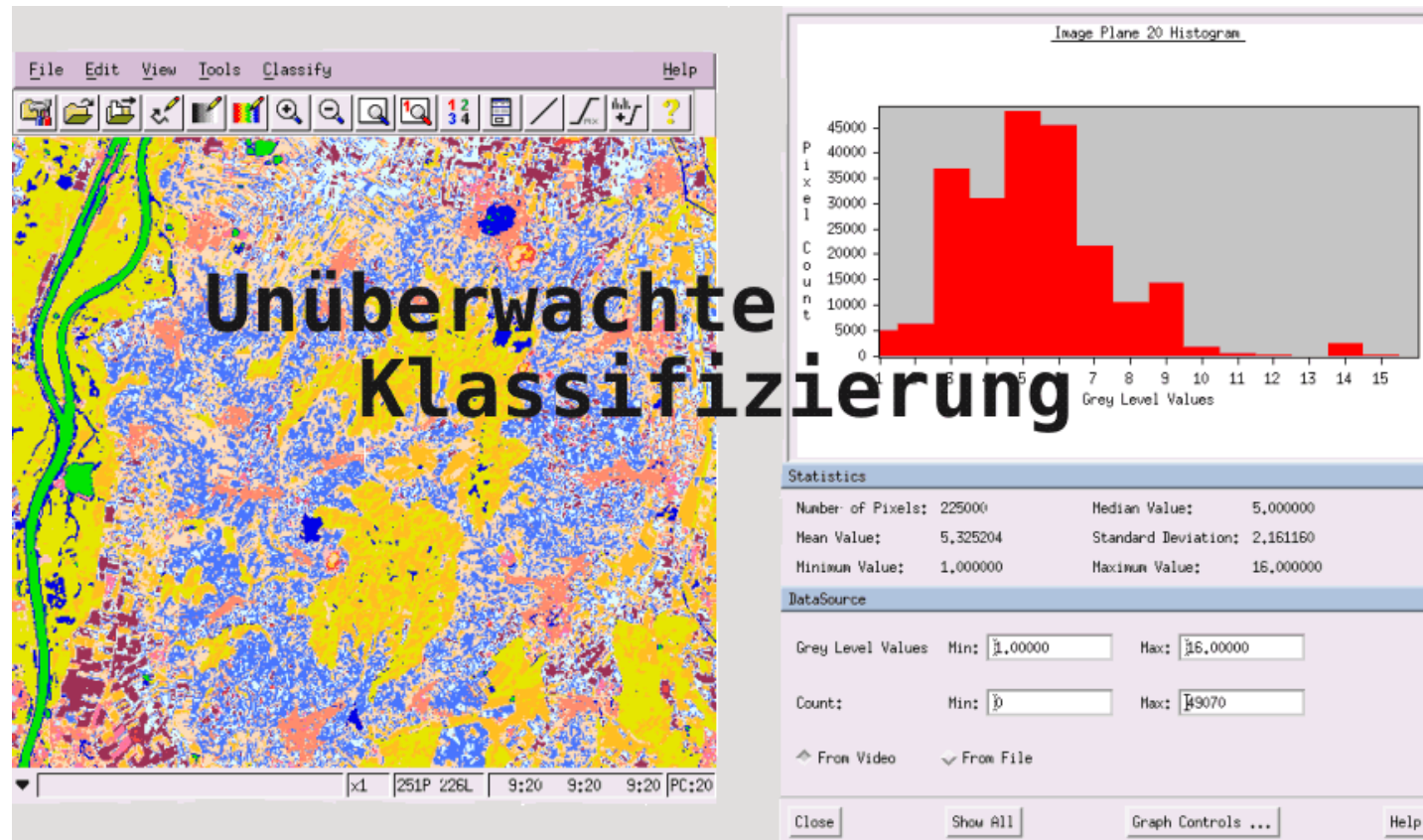
- keine Trainingsgebiete
- „Klassifikation ohne Zuordnung von Namen“
- Cluster-Analyse:
 - Bestimmung der Anzahl der Klassen
 - Bestimmung der Klassenzentren
- häufig als Vorbereitung einer überwachten Klassifizierung

Überwachte Klassifizierung

- Trainingsgebiete
- „Klassifizierung mit Zuordnung von Namen“
- Quader-Verfahren
- Minimum Distance-Verfahren
- Maximum Likelihood



Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**



Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering

- Bestimmung der Anzahl von spektralen Klassen
- initiale Aufteilung des Merkmalsraumes
- Bestimmung der Cluster (Mittel, Varianz)
- Splitting "grosser Cluster"
- Merging "kleiner Cluster"
- Iteration
- Beispiele von Verfahren: k-Means, ISODATA



Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

unüberwachte K-Means

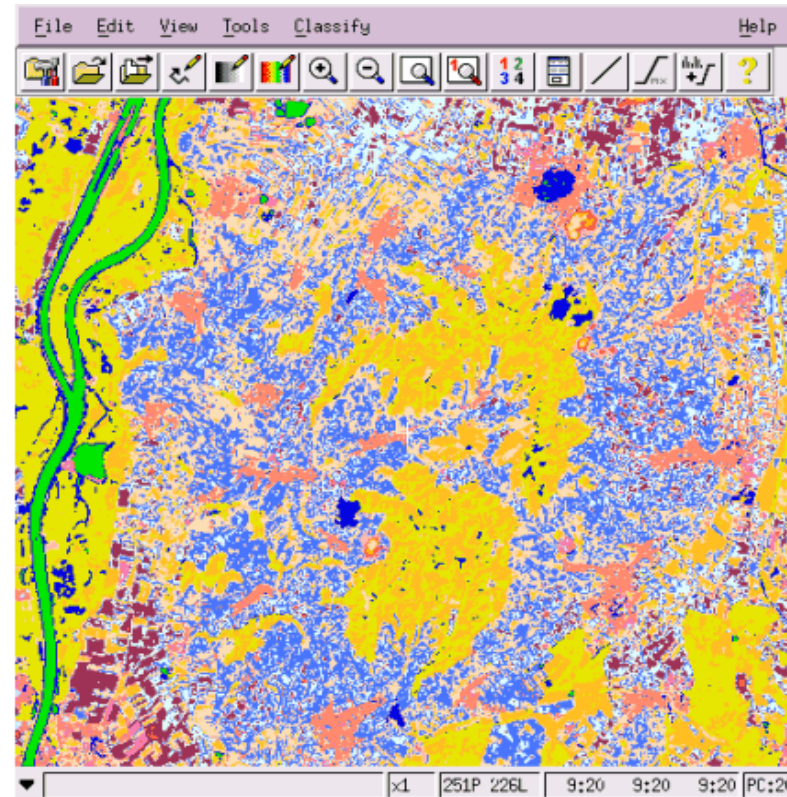
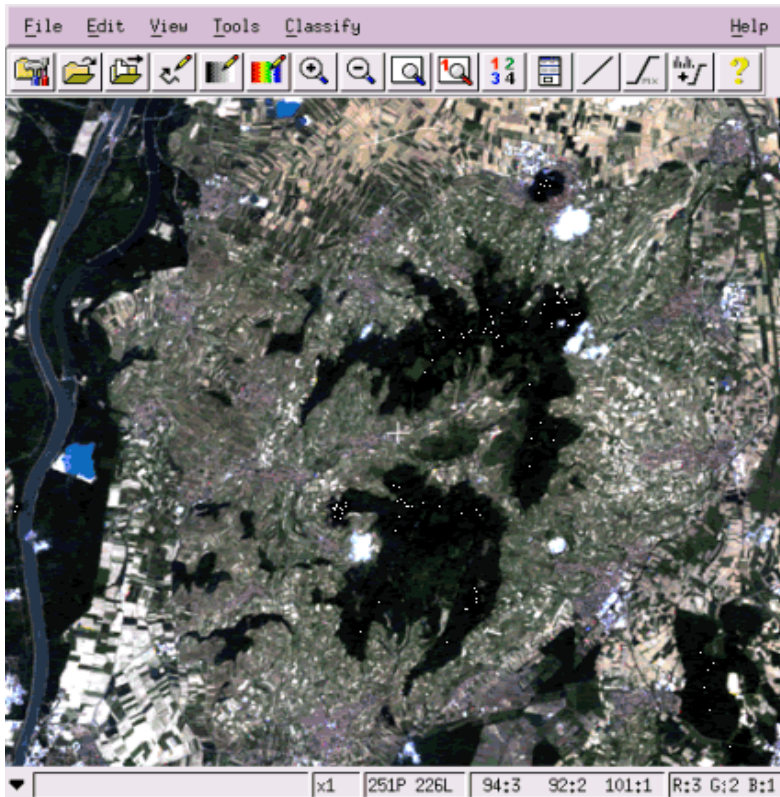
- Initialisierung von K-Clusterzentren $c_{i,t}$ mit $i=1,\dots,K$ (Anzahl der Cluster), $t=1,\dots,t_{\max}$ (Iterationsschritt)
- Zuordnung der Stichproben x
 $x \in C_{j,t}$ falls $\|x - c_{j,t}\| < \|x - c_{i,t}\|, i \neq j$
- Berechnung von neuen Clusterzentren $c_{i,t+1}$, z.B. bei minimaler Quadratsumme der Distanzen:

$$c_{j,t+1} = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in C_{j,t}} x$$

- Überprüfung auf Konvergenz, sonst weiter mit Zuordnung der Stichproben x

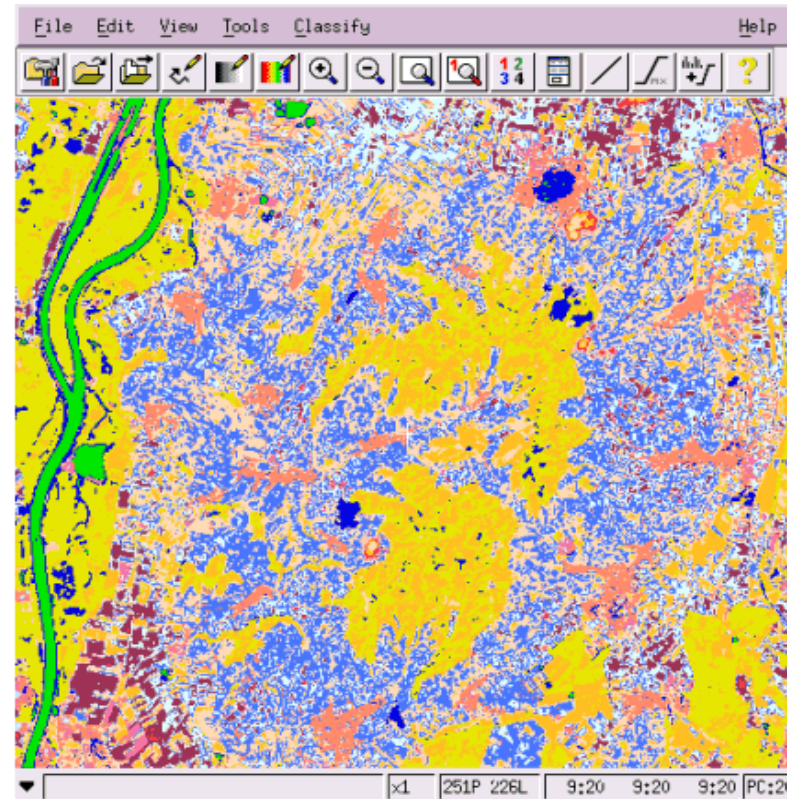
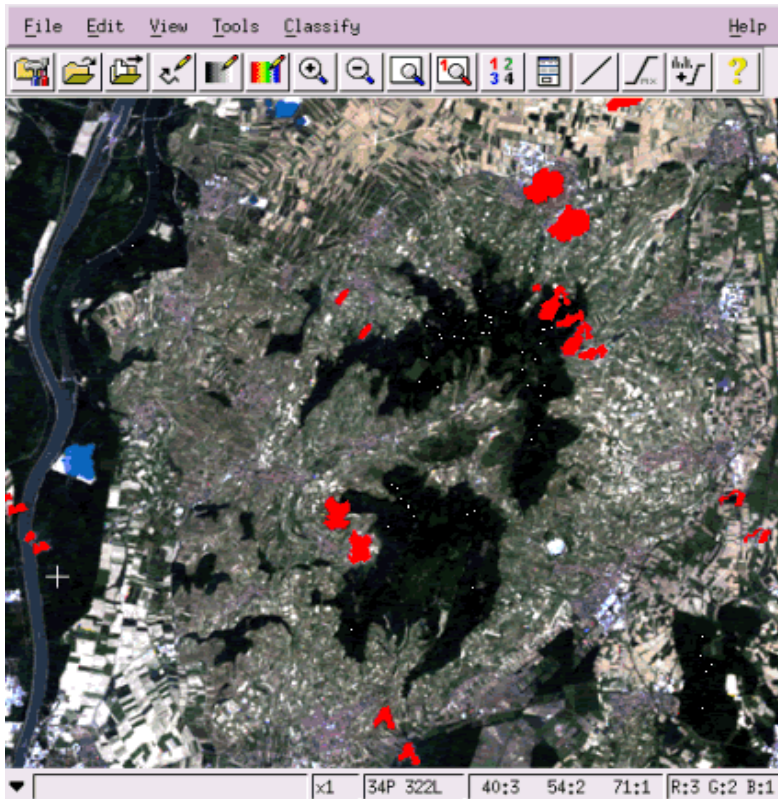
Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering K-Means mit 16 Clustern



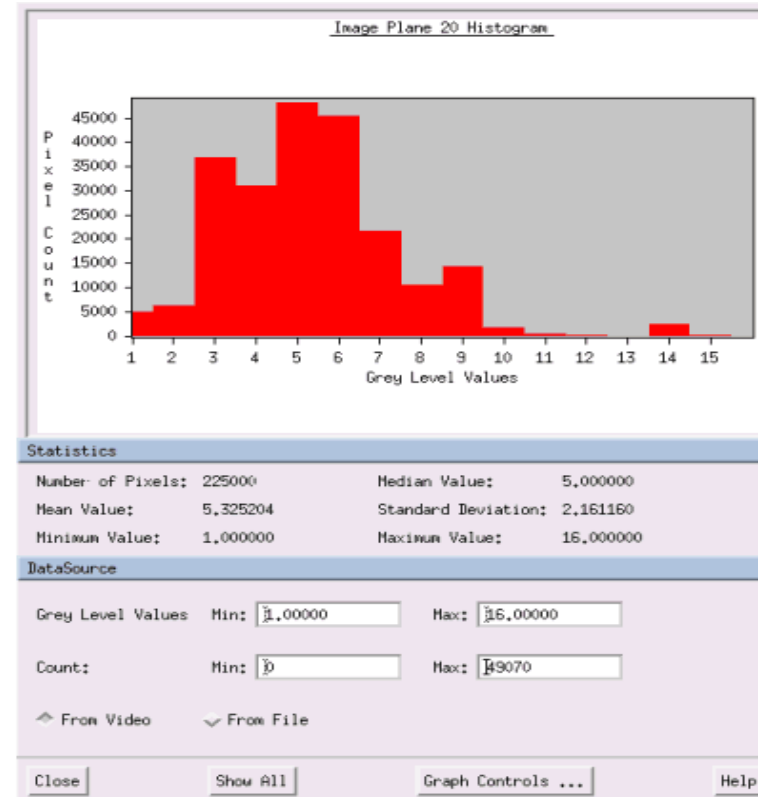
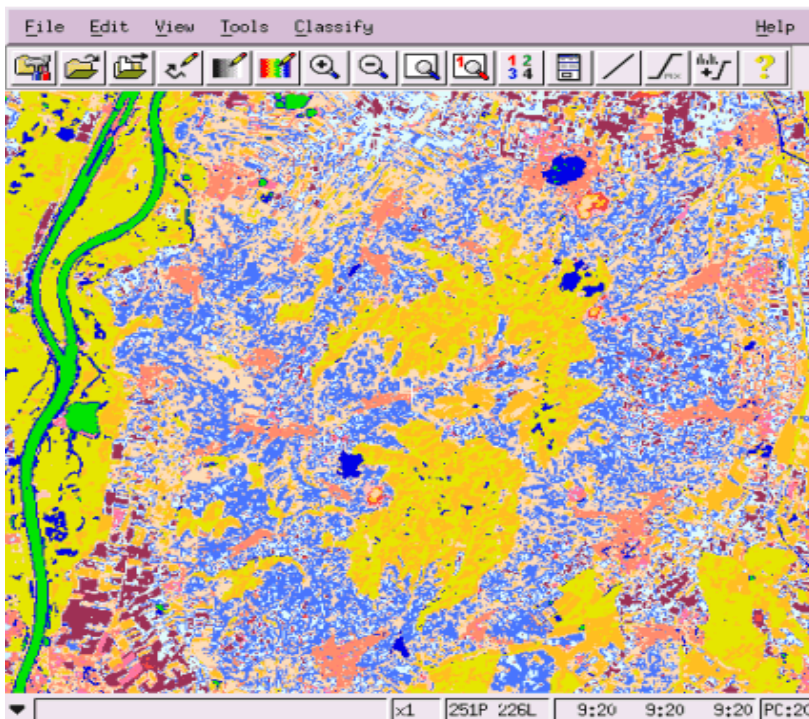
Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering K-Means mit 16 Clustern (ohne Maske)



Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering K-Means mit 16 Clustern



Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)

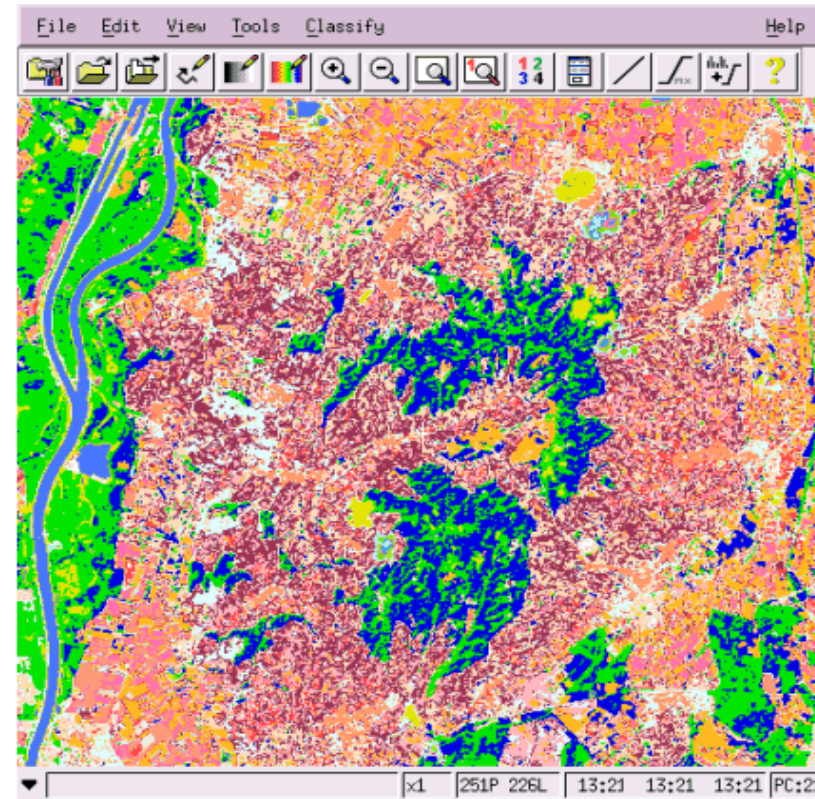
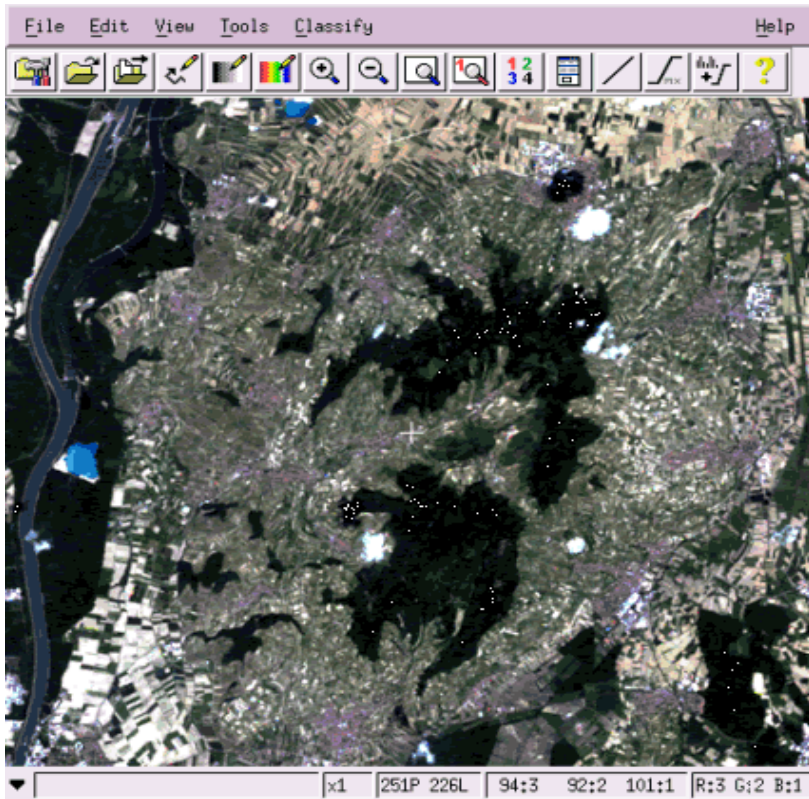
- Initialisierung von K-Clusterzentren $c_{i,t}$ mit $i=1,\dots,K$ (Anzahl der Cluster), $t=1,\dots,t_{\max}$ (Iterationsschritt)
- Zuordnung der Stichproben x
$$x \in C_{j,t} \text{ falls } \|x - c_{j,t}\| < \|x - c_{i,t}\|, i \neq j$$
- Verwerfung von kleinen Clustern
- Berechnung von neuen Clusterzentren $c_{i,t+1}$, z.B. bei minimaler Quadratsumme der Distanzen:

$$c_{j,t+1} = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in C_{j,t}} x$$

- falls Cluster verworfen, weiter mit Zuordnung der Stichproben x
- Zusammenfassung von Clustern

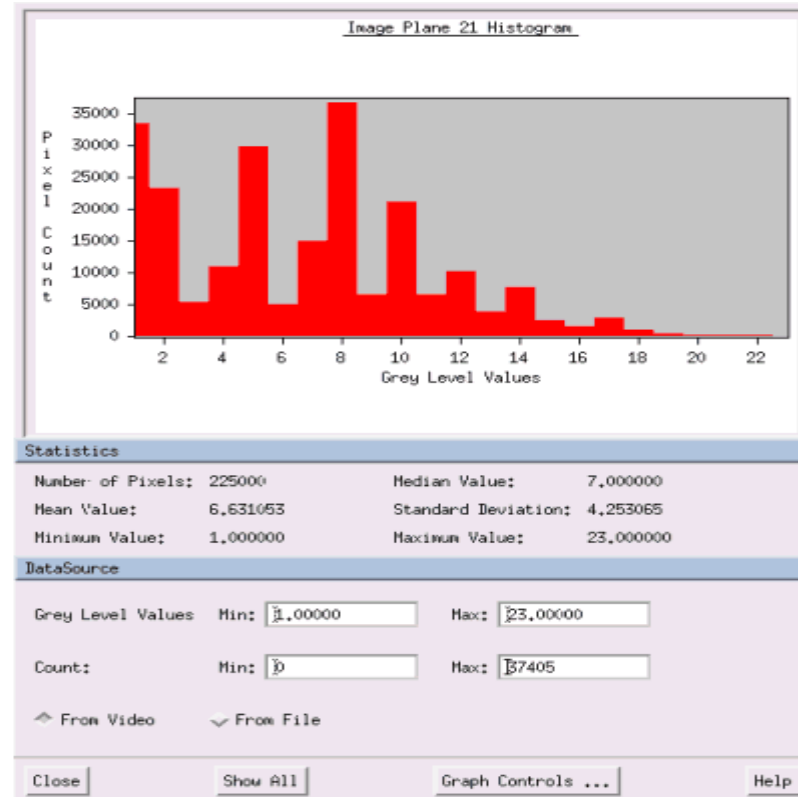
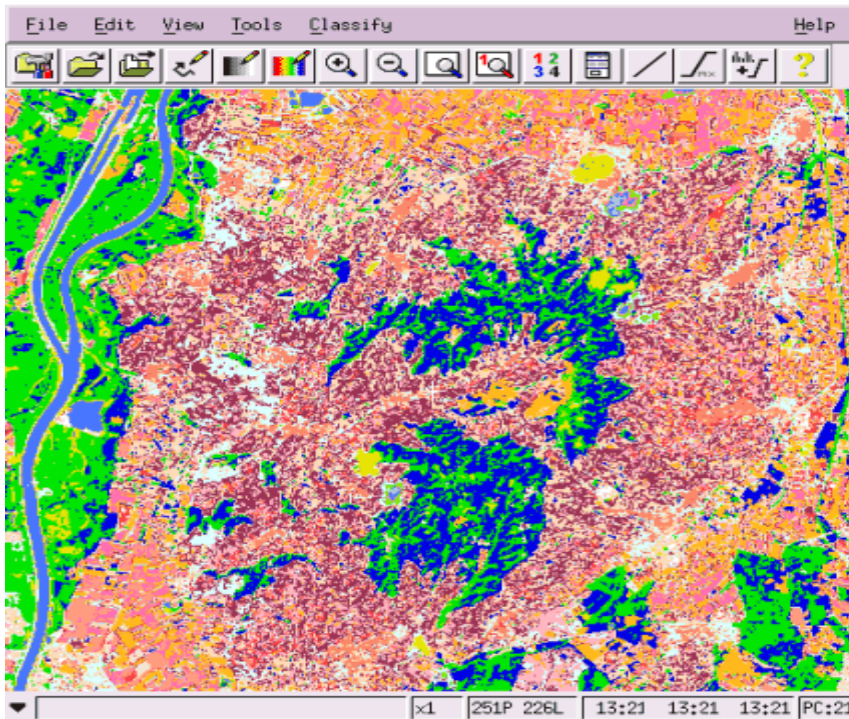
Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering ISODATA mit 22 Clustern (8-24)



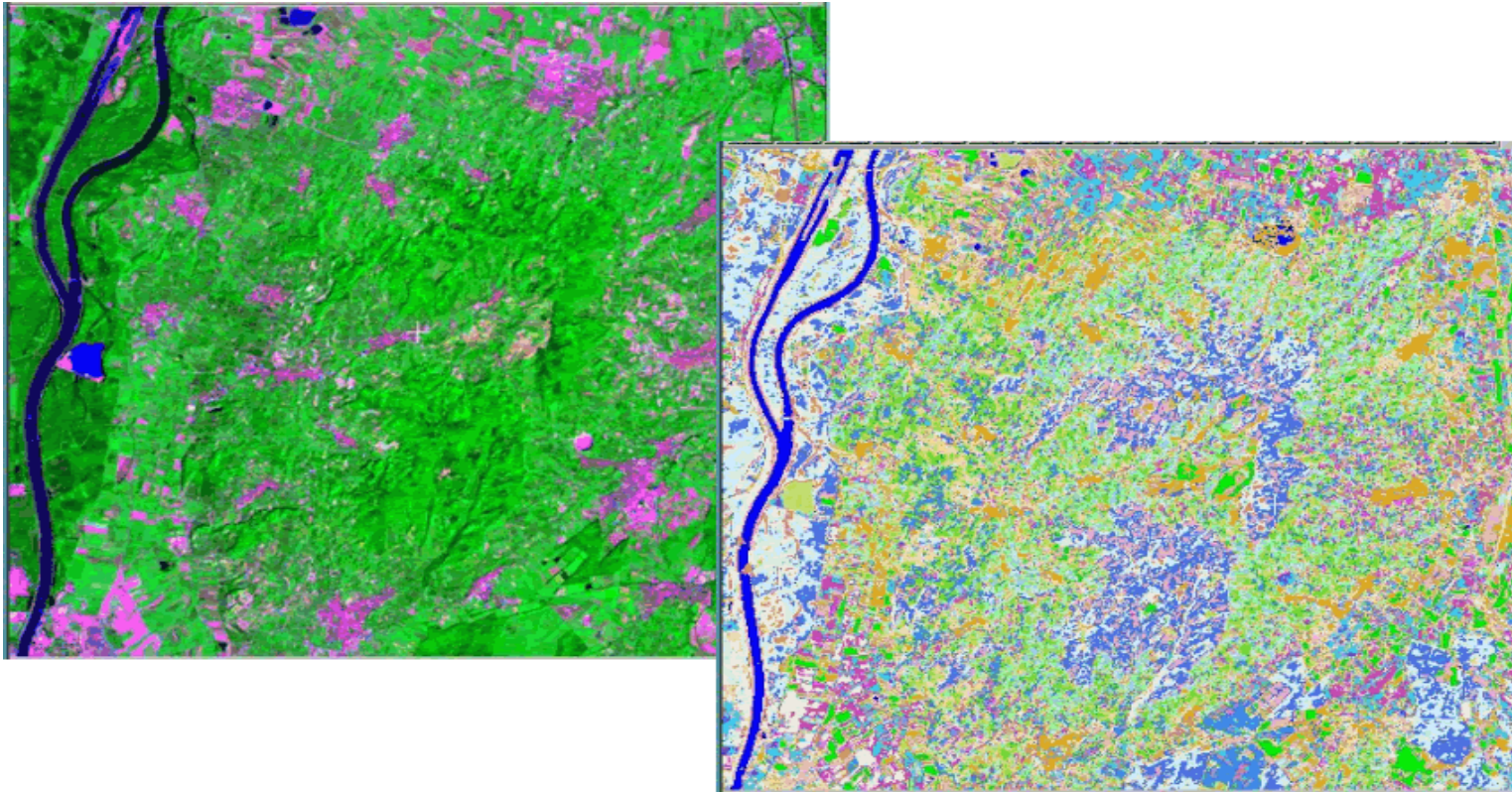
Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

Clustering ISODATA mit 22 Clustern (8-24)

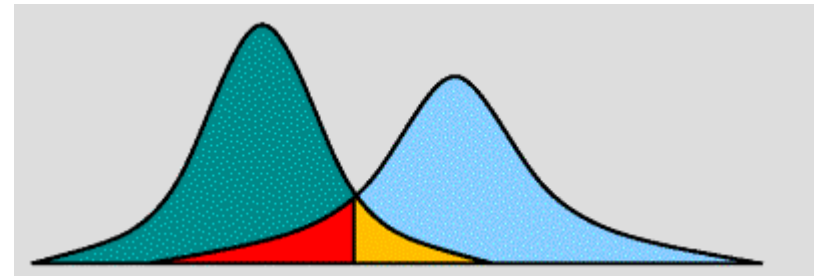
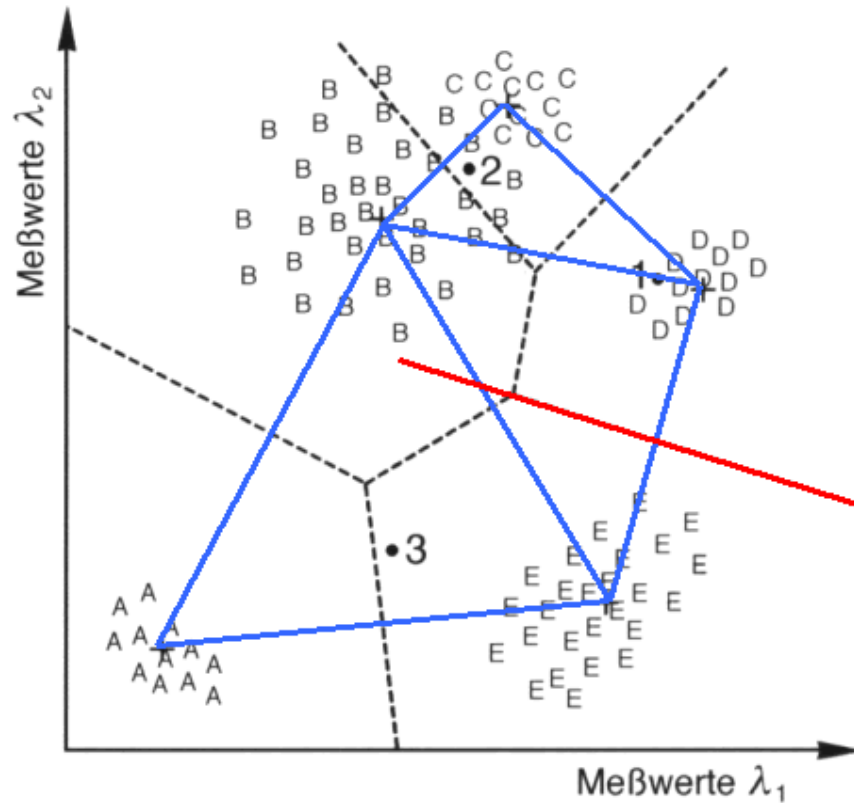


Fernerkundung **Unüberwachte Klassifizierung**

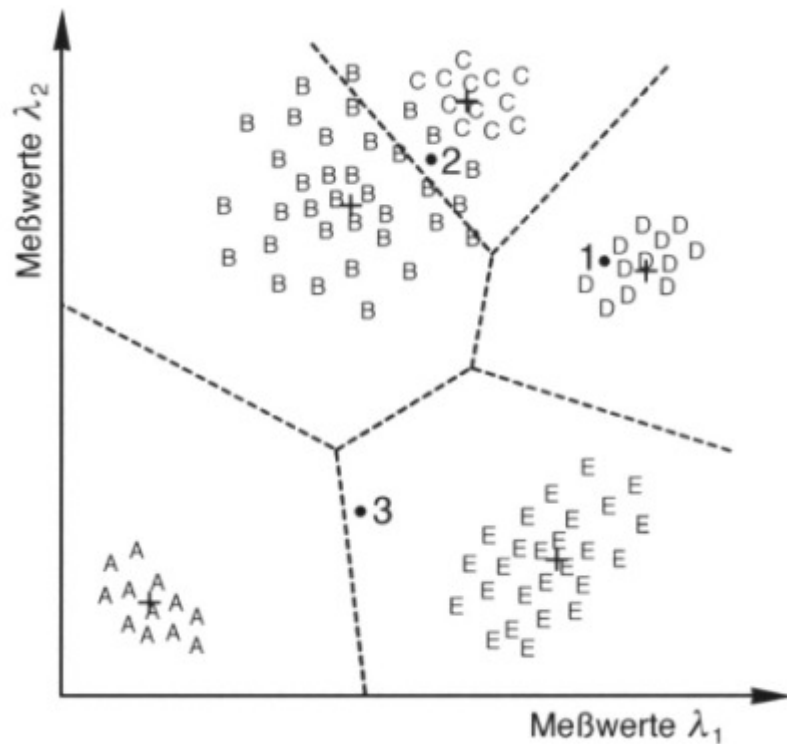
Beispiel Clustering Kaiserstuhl B-W



Fernerkundung **Algorithmen der überwachten Klassifizierung**



Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

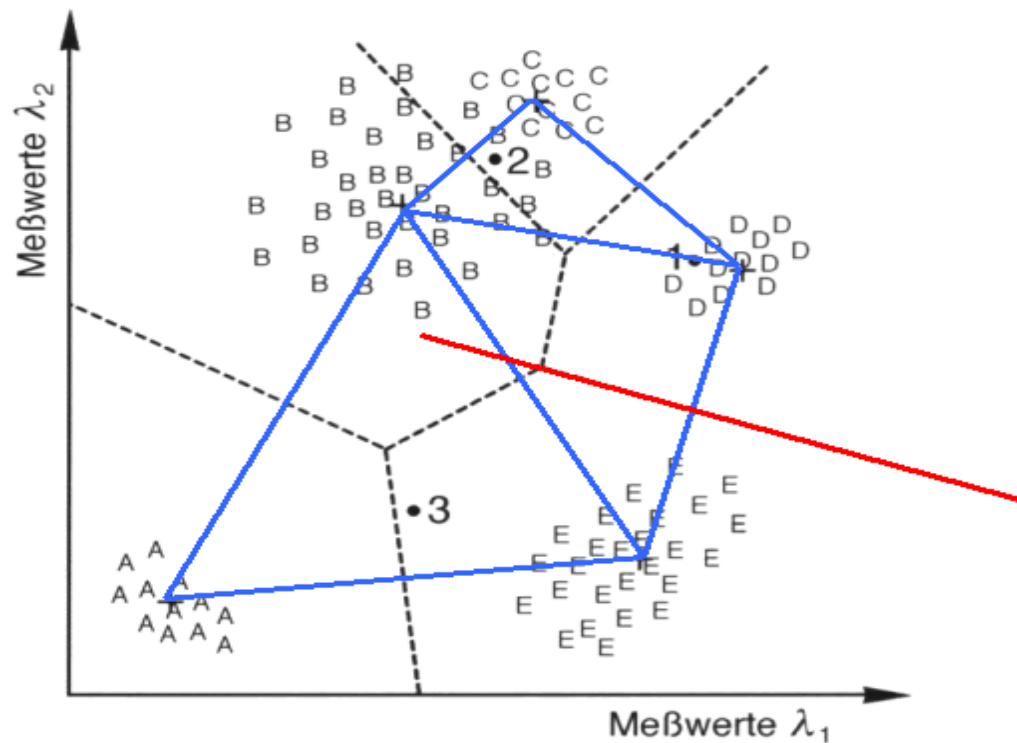


- Bestimmung der Klassenmittelpunkte
- Berechnung der Abstände jedes zu klassifizierenden Pixels zu den Klassenmittelpunkten
- Zuteilung zu der Klasse mit minimalem Abstand
- Anmerkung zur Beziehung zu Clusterverfahren

Quelle: Albertz (2001): Einführung in die Fernerkundung

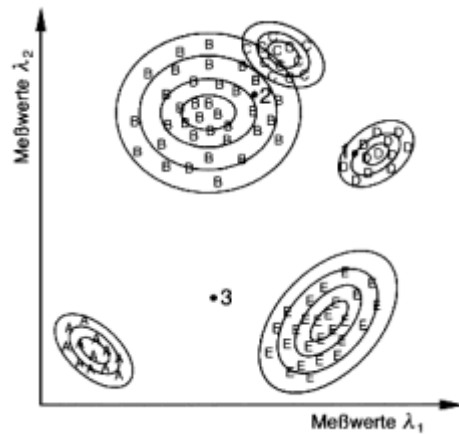
Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Minimum-Distance-Verfahren



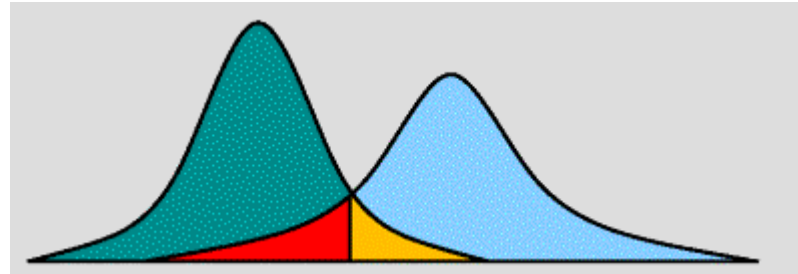
Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Maximum-Likelihood-Verfahren



Quelle: Albertz (2001): Einführung in die Fernerkundung

- Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Pixel zu einer Klasse gehört
- Zuteilung zu der Klasse, bei der die Wahrscheinlichkeit am höchsten



- Messdaten werden i.a. als normalverteilt betrachtet



Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Bayes-Theorem

$$P(\omega_i|\mathbf{e}) = \frac{P(\mathbf{e}|\omega_i) \cdot P(\omega_i)}{P(\mathbf{e})} \rightarrow \max \quad (1)$$

mit

$\omega_i \in \Omega$ Klasse

$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} \mathbf{b} \\ \mathbf{c} \end{pmatrix}$ Merkmalsvektor

\mathbf{b} diskrete Merkmale

\mathbf{c} kontinuierliche Merkmale

Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Spezialisierung I:

1. die beobachteten Merkmalsgruppen **b** und **c** sind unabhängig voneinander
2. die einzelnen Merkmale b_k aus der Gruppe der diskreten Merkmale sind unabhängig voneinander

aus (1) folgt mit Spezialisierung I

$$P(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) = \frac{\prod_{k=1}^{n_k} P(b_k | \omega_i) \cdot p(\mathbf{c} | \omega_i)}{\prod_{k=1}^{n_k} P(b_k) \cdot p(\mathbf{c})} \cdot P(\omega_i) \quad (2)$$

Spezialisierung II: die kontinuierlichen Merkmale **c** sind normalverteilt

$$p(\mathbf{c} | \omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} (\det \Sigma_i)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{c} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \mu_i)} \quad (3)$$

aus (2) folgt mit (3)

$$P(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) \propto \prod_k P(b_k | \omega_i) \cdot \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} (\det \Sigma_i)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{c} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \mu_i)} \cdot P(\omega_i) \quad (4)$$

Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Klassifikation mit Hilfe der Information

$$-\log_2 P(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) = -\ln P(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) / \ln 2 \quad (5)$$

aus (4) folgt mit (5)

$$\begin{aligned} I(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) &\propto -\sum_k P(b_k | \omega_i) \\ &\quad + \frac{n}{2 \ln 2} \ln(2\pi) + \frac{1}{2 \ln 2} (\det \Sigma_i) \\ &\quad + \frac{1}{2 \ln 2} (\mathbf{c} - \boldsymbol{\mu}_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \boldsymbol{\mu}_i) \\ &\quad + \frac{1}{2 \ln 2} \ln P(\omega_i) \end{aligned} \quad (6)$$



Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Spezialisierung III: nur kontinuierliche Merkmale und Vernachlässigung von Konstanten

aus (6) folgt mit Spezialisierung III

$$\begin{aligned} I(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) &\propto (\det \Sigma_i) \\ &+ (\mathbf{c} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \mu_i) \\ &+ \ln P(\omega_i) \end{aligned} \quad (7)$$

geometrische Deutung der Grenze zwischen zwei Klassen: Flächen 2. Ordnung



Fernerkundung **Algorithmen der überwachten K.**

Spezialisierung IV: $\Sigma_i = \Sigma$

$$I(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) \propto (\mathbf{c} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \mu_i) + \ln P(\omega_i) \quad (8)$$

Spezialisierung V: $P(\omega_i) = c$

$$I(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) \propto (\mathbf{c} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{c} - \mu_i) \quad (9)$$

⇒ Mahalanobis-Distanz

Spezialisierung VI: $\Sigma = \sigma^2 \mathbf{I}$

$$I(\omega_i | \mathbf{b}, \mathbf{c}) \propto (\mathbf{c} - \mu_i)^T (\mathbf{c} - \mu_i) \quad (10)$$

⇒ Minimum-Distanz



