

**Universität Rostock**  Traditio et Innovatio



## UAV-basiertes Grünlandmonitoring auf Bestands- und Einzelpflanzenebene

Forschungsprojekt mit der Freien und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation

Laufzeit: 01.10.2016 - 30.09.2019

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill  
Universität Rostock  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät  
Professur für Geodäsie und Geoinformatik

Neujahrsempfang | © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill

**Universität Rostock**  Traditio et Innovatio

**Inhalt**


- Ausgangslage
  - Grünland in Hamburg
  - Jakobskreuzkraut
  - UAV-Technologie
  - Precision Farming
- Forschungsprojekt
  - Erste Ergebnisse
- Fazit

Neujahrsempfang | © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill 2


**Universität Rostock**  
 Traditio et Innovatio

# AUSGANGSLAGE

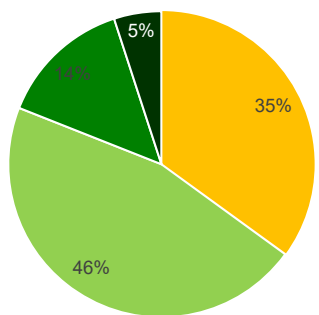
Neujahrsempfang    © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill    3


**Universität Rostock**  
 Traditio et Innovatio

## Landwirtschaftlich genutzte Fläche in HH

- Etwa 14.400 ha landwirtschaftliche Nutzfläche in Hamburg (Stand 2013)
  - etwa 6.700 ha als Dauergrünland und 5.000 ha ackerbaulich genutzt
- Gestaltungsrahmen
  - zu einem Drittel im Eigentum Hamburgs und verpachtet
  - Markt- und Standortangepasste Landbewirtschaftung (MSL)
    - rund 3.800 ha durch Grünland-Extensivierung
    - rund 1.650 ha im Rahmen des Vertragsnaturschutzes mittel- bis langfristig vertraglich gebunden

Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche

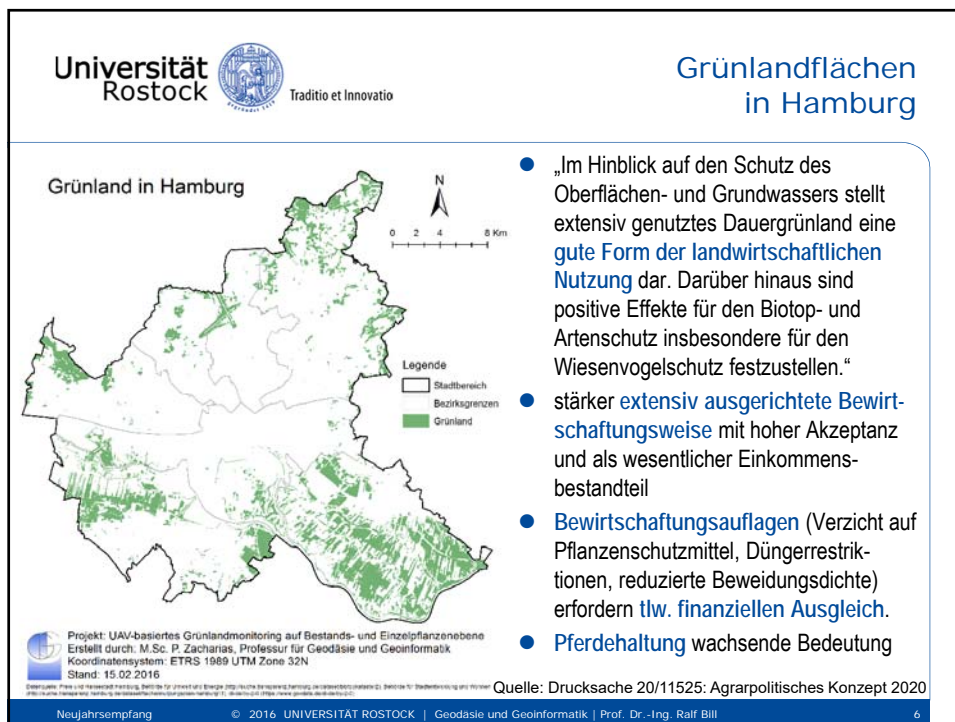
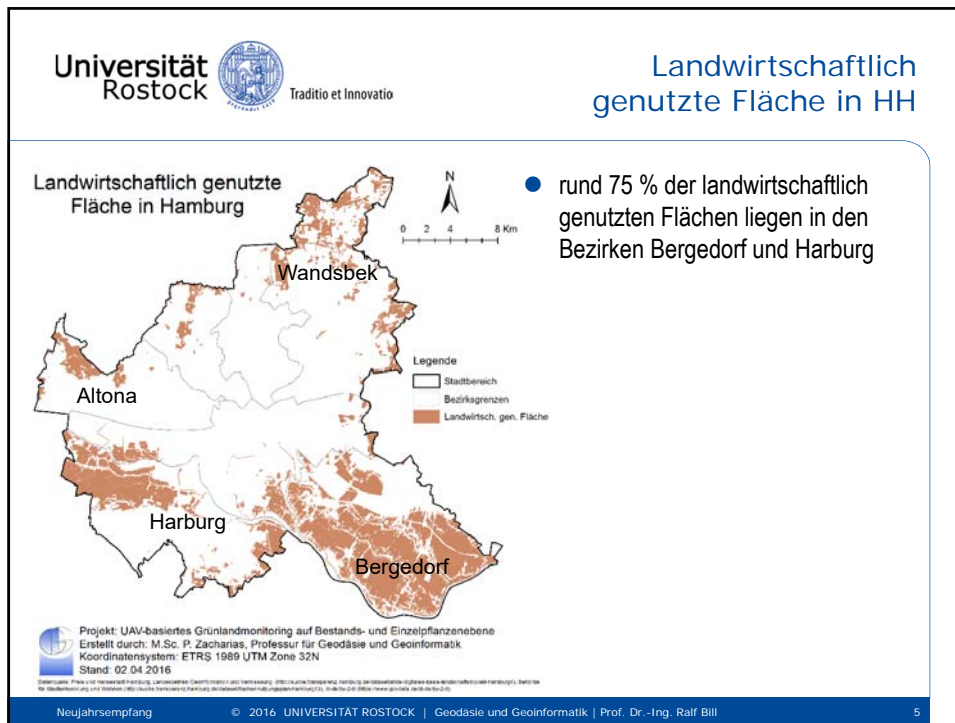


Nutzungsart	Anteil (%)
Ackerbau	35%
Grünland	46%
Dauerkulturen	14%
Gartenbau	5%

■ Ackerbau  
■ Grünland  
■ Dauerkulturen  
■ Gartenbau

Quelle: Drucksache 20/11525: Agrarpolitisches Konzept 2020, Statistische Berichte (2015): Teil 1. Bodennutzung

Neujahrsempfang    © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill    4





Universität  
Rostock


Traditio et Innovatio

## Jakobskreuzkraut in Hamburg

- Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea* L.), Jakob-Greiskraut
 


  - vollständig heimisch
  - immer schon im Grünland zu finden
  - optisch ansprechend
  - meist zweijährige, manchmal auch länger ausdauernde krautige Pflanze
  - erreicht Wuchshöhen von 30 bis 100 Zentimetern
  - Futterpflanze für zahlreiche Insekten, auch seltene Arten
  
  - Giffig durch leberschädigende Pyrrolizidinalkaloide, auch bei Hautkontakt
  - Gifte bleiben bei der Konservierung in Heu oder Silage wirksam

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
7



Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## Jakobskreuzkraut in Hamburg

- „Die Pflanze ist extrem giftig und bei Aufnahme einer größeren Menge über das Futter für die meisten Weidetiere mehr oder weniger schädlich bis hin zu vereinzelten Todesfällen. Sie wird bei Weidenutzung in der Regel von den Tieren gemieden und dadurch selektiv gefördert. Im Heu wird sie nicht ausreichend wahrgenommen und führt daher bei zu hohen Anteilen zur Vergiftung.“ (Brandt, 2012/2015)
- „Auch in der öffentlichen Diskussion spielt die Pflanze eine große Rolle und war in der jüngeren Vergangenheit häufig Gegenstand von Zeitungsartikeln.“ (Brandt, 2012/2015)
- In den vergangenen Jahren zunehmende Ausbreitung des Jakobskreuzkrauts auf Grünlandflächen feststellen (Strotdrees 2012).
  - ⇒ ca. 1000 ha von Jakobskreuzkraut (JKK) bestandene Flächen
  - ⇒ überwiegend in verschiedenen Naturschutzgebieten (NSG), mit niedrigen Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumwerte sowie niedrigem pH-Wert.
  - ⇒ verbreitet aber auch auf Stilllegungsflächen, und anderen extensiv genutzten Grünlandflächen, insbesondere Pferdeweiden, sowie Wegrändern und Böschungen.

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
8



Universität  
Rostock



Traditio et Innovatio

## UAV/UAS/RPAS/ Drohne ....

- Fluggeräte mit Steuereinrichtungen vergleichbar zu einem Flugzeug
- Flugmanöver ohne Besatzung vollständig kontrollierbar
- fliegt unbemannt entweder automatisiert über ein Computerprogramm oder vom Boden über Funksignale bzw. über Satellitenfunk gesteuert
- kann Nutzlasten tragen
- werden für militärische, geheimdienstliche, polizeiliche, zivile oder für wissenschaftliche Zwecke eingesetzt


- **UAV:** Unmanned, uninhabited oder unpiloted Aerial Vehicle
- **UAS:** Unmanned Aircraft system
- **RPAS:** Remotely Piloted Aircraft Systems
- Gesamtsystem, bestehend aus:
  - fliegender Trägerplattform mit der on-board-Sensorik,
  - der Nutzlast,
  - der Bodenstation zur Führung und Überwachung des Fluges (vom Start bis zur Landung).




Neujahrsempfang

© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill

9




Universität  
Rostock




Traditio et Innovatio


## UAV-Trägerplattformen Micro- und Mini-UAV




Multicopter



Helicopter



Starrflügler



Hybrids

Neujahrsempfang

© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill

10



Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## UAV-F&E an der Professur für Geodäsie und Geoinformatik

- **Ingenieurbau/Küstenschutz**
  - 3D-Vermessung von Bauwerken
  - 3D-Vermessung von Küstenbauwerken
- **Landwirtschaft**
  - Messung des Pflanzenwachstums
  - Düngemittelquerverteilung von Tellerstreuern
  - Wasserstress von Pflanzen (Thermalkamera)
  - Standraumnutzung von Tieren (Rindern)
- **Landschaftsplanung/-ökologie**
  - Vegetationskartierungen (Unterelbe)
  - Vogelzählung
  - Planung Baumwipfeldpad Ivenacker Eichen
- **Technologie**
  - Entwicklung Mehrkamerasystem (Four Vision)
  - Algorithmen zur automatisierten Bildauswertung



Greifswalder Dom



Küstendeckwerk Lütjehesand



Versuchsdiechvermessung



Landwirtschaft



Baumwipfeldpad



Vogelzählung  
Langenwerder

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
11



Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## Precision Farming

**Precision Farming** ist die Anpassung der Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität der Standort- und Bestandesparameter, welche mit Hilfe der Satellitennavigation (**GNSS**) erfasst, durch **integrierte Sensortechnik** mit landtechnischen Geräten verbunden und in Geo-Informationssystemen (**GIS**) eingebunden werden. Damit kann für die Landwirtschaft ein wichtiger Beitrag zur **Einsparung** von Betriebsmitteln, der Erhöhung der **Ertragssicherheit** und -qualität mit der Zielsetzung einer nachhaltigen und **umweltgerechten Landwirtschaft** geleistet werden.

Bisher galt: **"Ein Schlag ist die kleinste Einheit in der Pflanzenproduktion"**      Heute gilt: **"Neue Technologien ermöglichen eine spezifische Behandlung einzelner Teilflächen"**




Forschung GG: BMBF preagrol/II, EU Future Farm, FarmFuse, GeoWebAgri ...

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
12

Universität Rostock  Traditio et Innovatio

# FORSCHUNGSPROJEKT


Neujahrsempfang © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill 13

Universität Rostock  Traditio et Innovatio

## Forschungsprojekt – Innovationsaspekte


- Ziel ist es mittels moderner **räumlich-zeitlich und spektral höchstauflösender UAV-Technologie** sowohl die **Bestandscharakterisierung** als auch eine **Einzelpflanzenbestimmung für Grünlandflächen** in Hamburg durchzuführen.
- Kontext Precision Farming
  - Bisher primär Ackerbau => Fokussierung auf Grünland
- Kontext UAV
  - Von der Einzelpflanze zum Bestand
  - Mehrere Skalenebenen parallel
  - Multitemporal
- Jakobskreuzkraut
  - Automatisierte Erkennung aus UAV-Daten
  - Smartphone-App zur Kartierung und Bekämpfung
- Grünland in Hamburg
  - Hohes Nutzungspotential

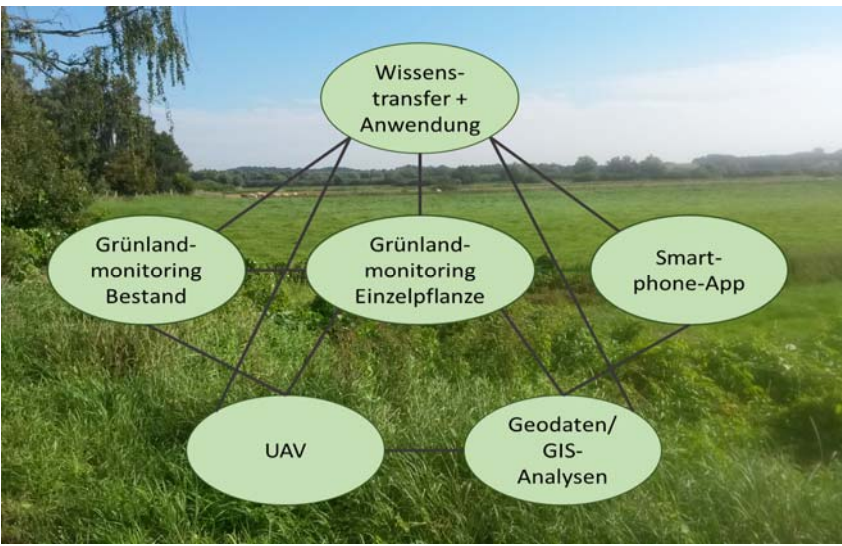
Neujahrsempfang © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill 14


Traditio et Innovatio
Forschungsprojekt

- Anvisierter Nutzen für die Freie und Hansestadt Hamburg
  - Hamburger Landwirtschaft soll davon jetzt und zukünftig als Branche profitieren.
  - Die in Hamburg mehrheitlichen landwirtschaftlichen Nutzungsformen sollen Berücksichtigung finden.
  - Probleme, die die Landwirtschaft, den Naturschutz und die Bevölkerung in Hamburg gleichermaßen betreffen, sollen angesprochen und Lösungswege aufgezeigt werden.
  - Die getestete Sensorik soll nach Abschluss des Forschungsprojekts universell in der Landwirtschaft einsetzbar sein.
  - Die Auswertungen der Sensorik sollen im Rahmen des Forschungsprojektes durch Software nutzerfreundlich gestaltet sein.
  - Die Ergebnisse des Forschungsprojektes sollen auch auf städtischen Flächen, die von der öffentlichen Hand gepflegt werden, angewendet werden können.

Neujahrsempfang    © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK    Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill    15


Traditio et Innovatio
Forschungsprojekt  
– 6 Arbeitspakete



Neujahrsempfang    © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK    Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill    16





**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

## Forschungsprojekt

- **Projektkonsortium**
  - Landwirtschaftskammer Hamburg
  - Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI), Abteilung Agrarwirtschaft, Pflanzenschutzbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg
  - 4 landwirtschaftliche Betriebe
  - Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock
- **Informationsaustausch mit weiteren Adressaten**
  - Bauernverband Hamburg
  - Behörde für Umwelt und Energie, Abteilung Naturschutz
  - über Landesgrenzen hinaus Fachabteilungen in Schleswig-Holstein, Niedersachsen
  - Wissenschaft
  - Öffentlichkeit


Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
17




**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

## Mitwirkende landwirtschaftliche Betriebe

- In Altona und Bergedorf
- 4 Landwirtschaftsbetriebe
- 10 Flächen




Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
18



Universität Rostock  
Traditio et Innovatio

## Flächenauswahl anhand Bewertungsmatrix

- Begehung aller Flächen im Oktober 2016
- Beispiel Behrmann/Glissmann



Name im GIS	Glissmann_1	Glissmann_2	Behrmann_1
Straße Weg	Feldweg 81, 82	Feldweg 63	Feldweg 63
Name	Ellerholt	Kielhorst	Horst
Bezirk/Stadtteil	Sülldorf (Altona)		
Bewirtschaftung	●	●	●
Maßnahme/Auflagen	●	●	●
Betrieb	●	●	●
Jakobskreuzkraut	●	●	●
Geodaten	●	●	●
UAV	●	●	●
Landform	Geest	Geest	Geest
Fläche (ha)	7,96	5,52	2,43

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
19



Universität Rostock  
Traditio et Innovatio

## Hervorragende Geodatenlage

- Datenquellen:
 



- Geodaten:
 



ALKIS  
(Liegenschaftskarte)



ATKIS  
(Topographie)



Ausgleichsflächen



Flächennutzungsplan



DGM 1



Schutzgebiete



Arten- und  
Biotopschutz



DOP 20

Und viele weitere ...

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
20



**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

**UAV-Bildflug und -Standardprodukte**

- Bildflüge
  - UAV-Multikopter mit Digitalkamera (Flughöhen 5 bis 50 m)
  - Flächenflügler mit Multispektralkamera
- verschiedene phänologische Zeitpunkte
- bis zu viermal im Jahr, auf vier Betrieben
- geometrische Prozessierung

⇒ Standard-Produkte:

3D-Punktwolke



DGM/DOM



Digitales Orthophoto



Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
21



**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

**Bestandsmonitoring**

- aus den Basisprodukten:
  - Berechnung spektraler Indizes (z.B. NDVI)
  - Bestandsdaten der extensiv bewirtschafteten Flächen bzw. der Weiden
    - Wuchshöhe
    - Zuwachs
    - Futtermenge
    - ...

⇒ Ergebnis: weitestgehend automatisierter Workflow

⇒ auf andere Standorte übertragbar



DOM (Epoche 1, 2, ...)

DGM oder Epoche 0

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
22



Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## Jakobskreuzkraut

- Ziel:
  - Auswertestrategie entwickeln, die Jakobskreuzkraut schon möglichst früh erkennen kann
  - bedarf intelligenter Auswerteroutinen
- Jakobskreuzkraut ist zwar aus der Nähe sehr charakteristisch aufgrund von Blattform und Blüte
  - aber: leicht zu verwechseln mit anderen Arten, besonders aus der Ferne

**Gewöhnliches Kreuzkraut (*Jacynthus arvensis*)**  
**Büchsenkraut (*Crepis biennis*)**





⇒ Extrem hohe Bodenauflösung von wenigen mm/Pixel erforderlich => UAV

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
23



Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## Methodik der Einzelpflanzenerkennung

- Voruntersuchungen auf beweideter Grünlandfläche, süd-westlich Bad Doberan, M-V
- drei Bildflüge im Zeitraum von April bis Juli 2016
- Fokus auf Erkennung zur Blütezeit Anfang Juli

Digitales Photo  
2 m Flughöhe




5. Juli

Orthophoto  
~11 m Flughöhe



1,38 mm/pixel

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
24




**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

## Bildanalyse der Blüte

- **Spektrale Eigenschaft: Gelbe Blütenstände**
  - grenzen die Pflanze deutlich ab
  - im Orthophoto einfach zu erkennen
  - kaum Überlappungen
- **Räumliche Eigenschaft: Wuchshöhe**
  - zur Vollblüte etwa 0,7 bis 1 Meter
  - im Höhenraster erkennbar
  - die meisten anderen Arten im Grünland sind niedriger

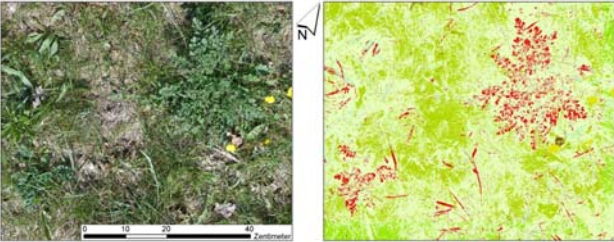
⇒ Kombinieren dieser beiden Eigenschaften

Neujahrsempfang © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
25



**Universität Rostock**  
Traditio et Innovatio

## (Un-)überwachte Klassifikation (z.B. Maximum-Likelihood)




**Einzel-Foto**  
Aufnahmehöhe: 1,5 m

**Überwachte Klassifikation**  
Trainingsklassen

■	Jakobskreuzkraut, Rosette	■	Gelbe Blüten
■	Gräser, trocken	■	Laub
■	Gräser, normal	■	weitere Pflanzen

- Blätter der Rosette werden erkannt
- Differenzierung der charakteristischen Blatteigenschaften möglich

Neujahrsempfang © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
26

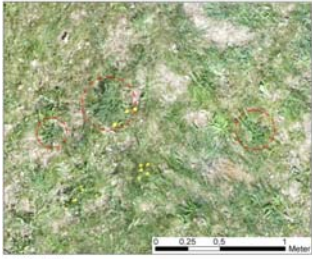


Universität  
Rostock

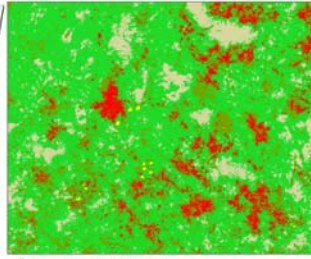
Traditio et Innovatio

## Upscaling

- Upscaling: Bestandsanalyse in 2 Schritten
  - 1. Bildflug in größerer Höhe (ca. 50 m)
    - um die Flächen grundsätzlich zu erfassen und in Risikogebiete einzuteilen
    - dafür Einbeziehung der vorhanden Flächen- & Pflanzeninformationen
  - 2. Bildflug tiefer ( $\leq 10m$ )
    - Aufnahme der Risikogebiete auf Einzelpflanzenebene & Identifikation




Orthofoto



Überwachte Klassifikation

Trainingsklassen	
	Jakobskreuzkraut, Rosette
	Boden
	Gelbe Blüten
	Gräser, dunkel
	Gräser, hell

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
27



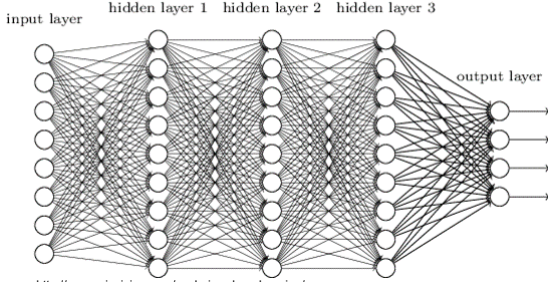
Universität  
Rostock

Traditio et Innovatio

## Innovative Methoden

- Maschinelle Lernverfahren
  - Neuronale Netze
  - Support-Vector-Machine
  - Statistische Verfahren (Logistische Regression, Diskriminanzanalyse)

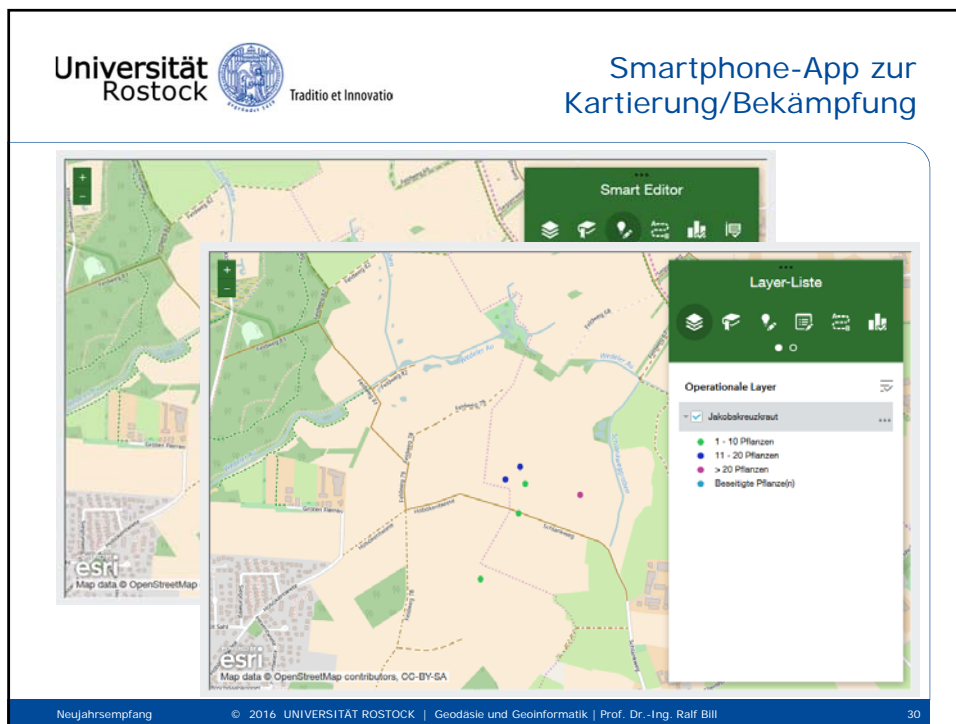
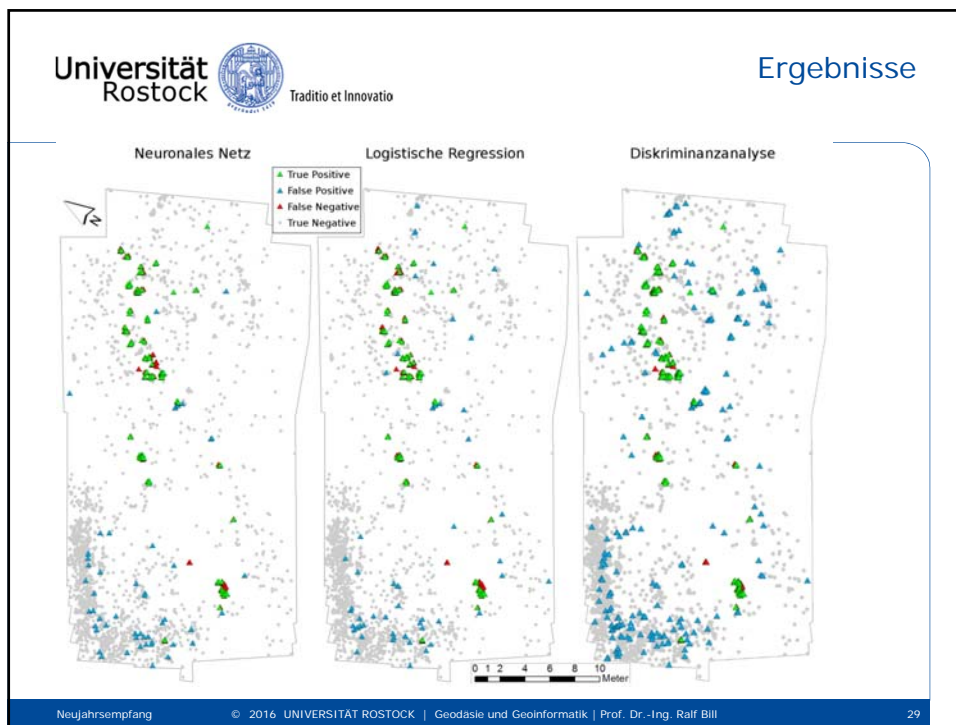
Deep neural network




input layer    hidden layer 1    hidden layer 2    hidden layer 3    output layer

<http://www.rspivision.com/exploring-deep-learning/>

Neujahrsempfang
© 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
28



Universität Rostock  Traditio et Innovatio Fazit

- Profitieren von der herausragenden Geodatenlage in Hamburg.
- Sehr positive Reaktion und konstruktive Mitwirkung der Landwirte.
- Extrem gute Zusammenarbeit im Projektkonsortium.
- Erste Forschungsergebnisse sind sehr vielversprechend.

- Aktuell Entwicklung und Tests der Bildverarbeitungsalgorithmen.
- Erste Flüge im Frühjahr.

Neujahrsempfang © 2016 UNIVERSITÄT ROSTOCK | Geodäsie und Geoinformatik | Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill 31

