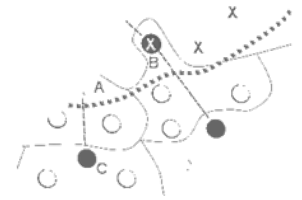




4. GeoForum MV 2008
28. und 29. April 2008

„Geosensornetzwerke als Komponente von Frühwarnsystemen“



Dipl.-Ing. Alexander Born
M.Sc. Kai Walter

Dipl.-Ing. Frank Niemeyer, Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG

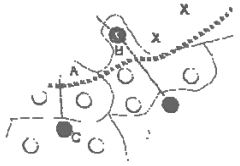
Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Institut für Management ländlicher Räume
Professur für Geodäsie und Geoinformatik




GEOTECHNOLOGIEN


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Projekte zum Thema an der Professur GG

■ GeoSens

Anwendung geodätischer
Ausgleichungsmethoden auf
energielimitierte
Geosensornetzwerke

■ Förderung: DFG

■ In Zusammenarbeit:

- Institut für Angewandte
Mikroelektronik Datentechnik, Uni
Rostock, Prof. Timmermann

■ Mitarbeiter:

- Frank Reichenbach (IMD)
- Alexander Born (GG)

■ SLEWS

Geodätische und Geoinformations-
technische Aspekte eines
Frühwarnsystems für Hang-
rutschungen mit Echtzeit-Sensorik

■ Förderung: BMBF

■ In Zusammenarbeit:

- RWTH Aachen
- BGR, Hannover
- ScatterWeb GmbH, Berlin

■ Mitarbeiter:

- Kai Walter (GG)
- Frank Niemeyer (GG)





Übersicht

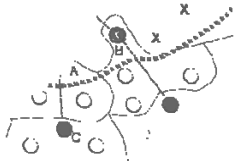
- **Drahtlose Geosensornetzwerke (GSN)**
 - Einführung
 - Anforderungen und Anwendungen
 - Lokalisierung
- **Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen**
 - Motivation
 - Grundlagen
 - Systeminfrastruktur
 - Standardisierung



Drahtlose Geosensornetzwerke

Einführung

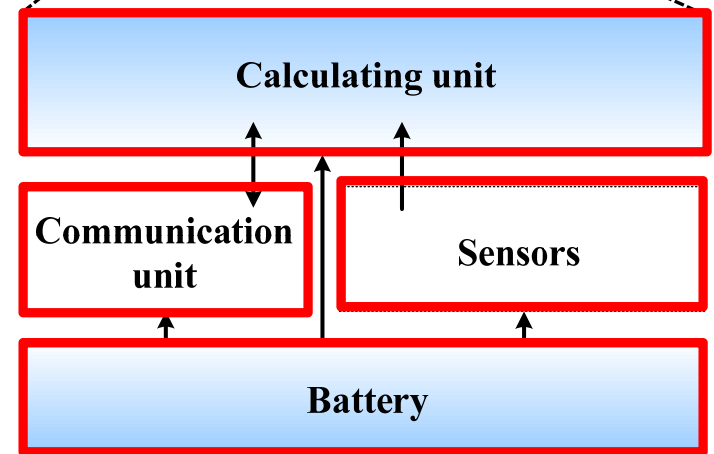
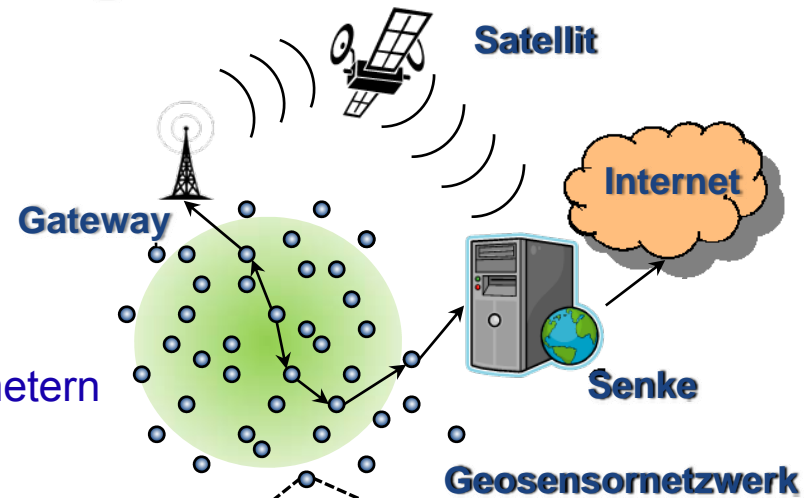
- Drahtlose Geosensornetzwerke (GSN) bestehen aus hunderten oder tausenden miniaturisierten elektronischen, preisgünstigen Geräten (Sensorknoten).
- GSN sind in der Lage, ihre Umgebung zu überwachen, einfache Rechenprozesse auszuführen und drahtlos miteinander zu kommunizieren.
- Jeder Sensorknoten ist in Bezug auf Energiereserven, Rechenleistung, Speicherplatz und Kommunikation extrem limitiert.
- Messungen (Temperatur, Luft-, Bodenfeuchte etc.) werden von Knoten zu Knoten (Multi-Hop) zu einer Senke (Gateway) geleitet. Diese unterliegt keinen Energie- oder Performancelimitationen und übernimmt die Evaluation und Auswertung der Daten.
- Eigenschaften eines Sensornetzwerkes:
 - Selbstkonfiguration, -organisation, -heilung
 - Hohe Knotenmenge
 - Skalierbar und robust
- Um eine lange Laufzeit des GSN zu gewährleisten, müssen sparsame Hardware sowie energieoptimierte Algorithmen entwickelt werden.

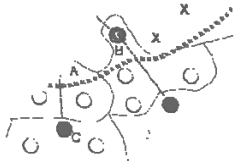


Drahtlose Geosensornetzwerke

Anforderungen und Anwendungen

- **Grundidee:**
 - Verbund von (extrem kleinen) Sensorknoten
 - Drahtlose Kommunikation
 - Spontane Vernetzung untereinander
 - Platzierung nahe oder in einem Phänomen von Interesse
 - Messung von relevanten physikalischen Parametern
 - Weiterleitung zur Senke (PC, Server)
- **Aufgaben der Sensorknoten:**
 - Messungen durchführen
 - Ausführung einfacher Berechnungen
 - Kommunikation und Datentransfer zu Nachbarknoten
 - Optimale Energieausnutzung
- **Anforderungen an ein Sensornetzwerk:**
 - Selbstkonfiguration, -organisation, -heilung
 - Hohe Knotenmenge
 - Mobilität
 - Hoher Datenverkehr zur Senke

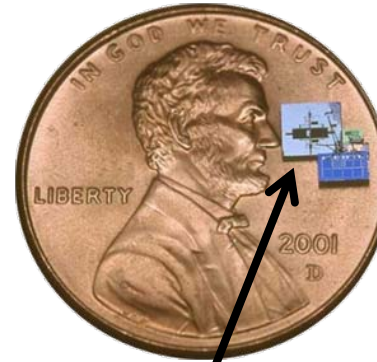




Drahtlose Geosensornetzwerke

Anforderungen und Anwendungen

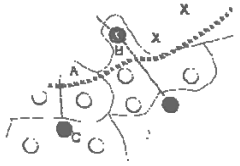
- Langfristige Zielsetzung:
 - Miniaturisierte Knoten ($< \text{mm}^3$)
 - Kostengünstige Knoten ($< 1\text{€}$)
 - Maximale Laufzeit der Knoten ($> \text{Jahre}$)
- Ressourcenproblem:
 - Stark limitierter Energievorrat
 - Leistungsschwache Recheneinheit
 - Geringe Speicherkapazität
- Komplexe Prozesse ausführen:
 - Daten(de)kompression
 - Datenaggregation
 - **Lokalisierung!**



Golem Dust



Batterie vom Typ: Micro



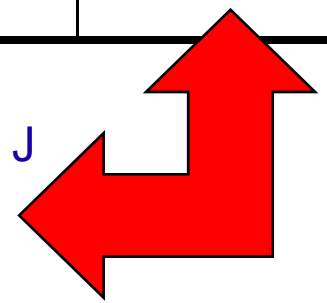
Drahtlose Geosensornetzwerke

Anforderungen und Anwendungen

- Eine der größten Herausforderungen in der Entwicklung drahtloser GSN ist der Energieverbrauch.

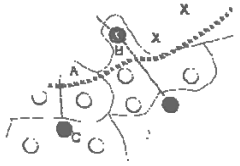
Batterie-/Akkutyp	Energiedichte [J/cm ³]	Aktivität	Energie [mJ]
Nichtaufladbare Lithium-Ionen-Bat.	2880	Temperaturmessung (1 Messung)	0,001
Aufladbarer Lithium-Ionen-Akku	1080		
Nickel-Metall-Hydrid	864	Kommunikation (Bluetooth) (64 Bit werden gesendet)	0,032
Nickel-Eisen	1190		
Brennstoffzelle (Methanol)	8900	Berechnungsoperation (1000 Operationen)	0,0018

- Energievorrat einer 0,05 g Lithium-Ion-Polymer-Batterie beträgt 27 J
- Bei einer Periode von 1s für alle 3 Aktivitäten reicht die Energie für
=> **~9 Tage**



Sol Jacobs, "Battery Power for Remote Wireless Sensors", www.sensormag.com, 2003





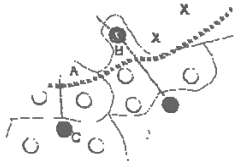
Drahtlose Geosensornetzwerke

Anforderungen und Anwendungen

Anwendungen

- **Landwirtschaft:** Präzisionslandwirtschaft („Precision Farming“)
 - Messung der Konzentration chemischer Stoffe im Boden
- Hochwasserbekämpfung und –prävention
- Waldbranderkennung und -bekämpfung
- Überwachung natürlicher oder künstlicher Lebensräume (Skomer Island)
- Prozessüberwachung in der Industrie/Logistik
- Detektion von Massenbewegungen (Hangrutschung, Gletscherabgänge)





Drahtlose Geosensornetzwerke

Lokalisierung: Motivation

■ Philosophie:

Ein einziger Sensor ist nutzlos. Erst das Zusammenwirken von hundertern oder tausenden von Sensoren bringt verwertbare Ergebnisse.

■ Voraussetzungen:

- Sensorknoten zufällig ausgebracht
- Position ist initial unbekannt

■ Warum Lokalisierung?

- Position \leftrightarrow Messung
- Geographisches Routing
- Bildung von Cluster
- Mobilität
- Detektion von Hindernissen
- Selbstkonfiguration, -organisation, -heilung
- Interpolation in GIS

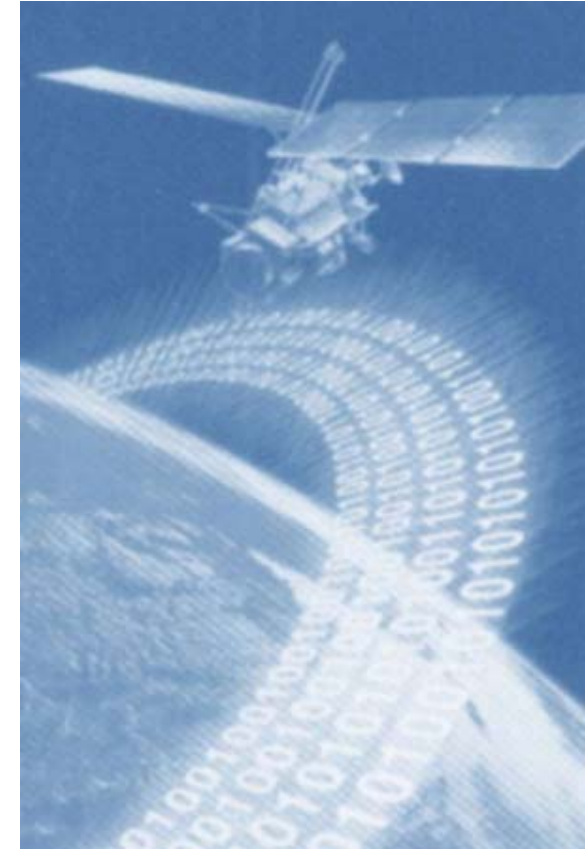




Drahtlose Geosensornetzwerke

Lokalisierung: Ansatz

- Integration existierender Positionierungsmethoden
 - GPS, Galileo, GSM
- Aber (Bsp. GPS):
 - Sensorknoten sind extrem energielimitiert
 - GPS hat einen relativ hohen Energieverbrauch
 - Sensorknoten sollen möglichst klein sein
 - GPS-Module sind vergleichbar groß
 - Verfügbarkeit des Lokalisierungsverfahrens
 - GPS funktioniert nicht überall
 - Sensorknoten sollen preiswert sein
 - GPS verursacht zusätzliche Kosten



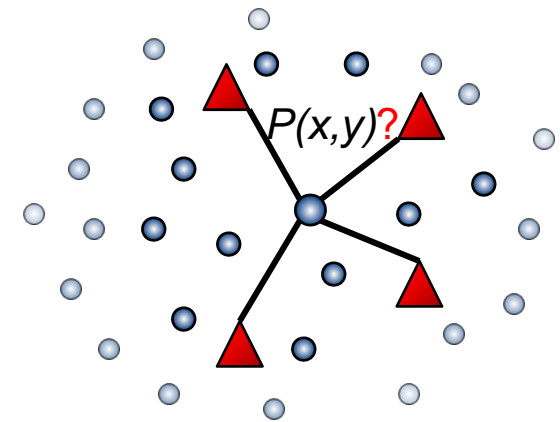
Also: GPS ist nur bedingt für DSN einsetzbar

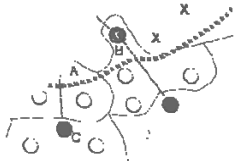


Drahtlose Geosensornetzwerke

Lokalisierung: Ansatz

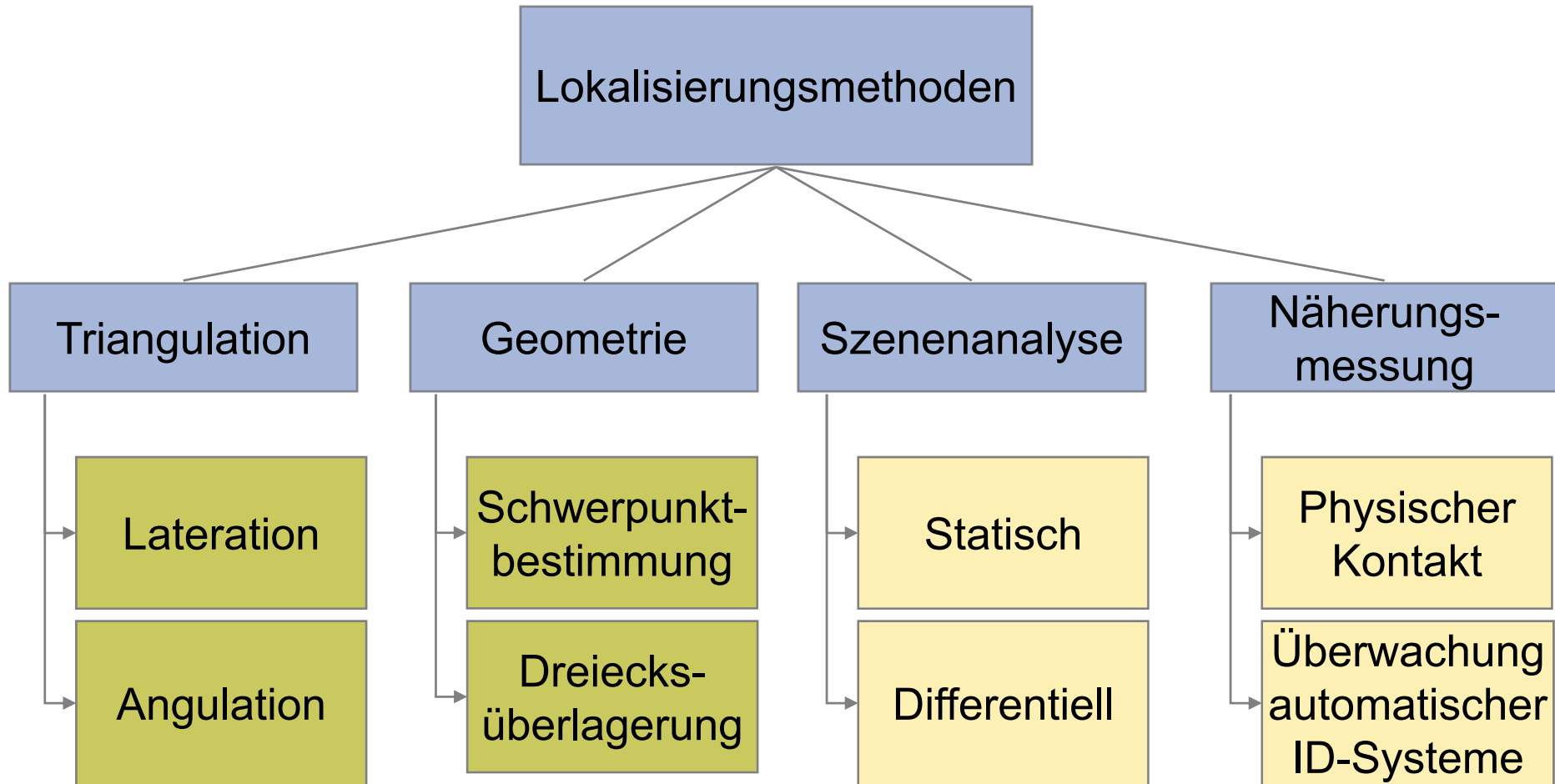
- Möglicher Ansatz:
 - GPS auf einigen wenigen Beacons
 - Ermittlung von Distanzen bzw. Winkeln
 - Lokalisierung mittels eines geeigneten Algorithmus
- Anforderungen an die Lokalisierung:
 - ressourcensparend
 - präzise
 - robust, skalierbar

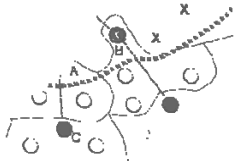




Drahtlose Geosensornetzwerke

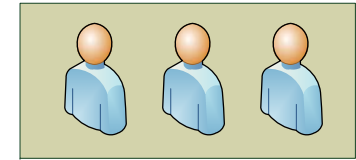
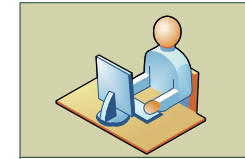
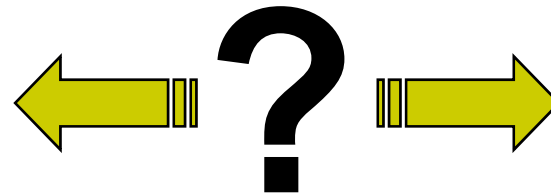
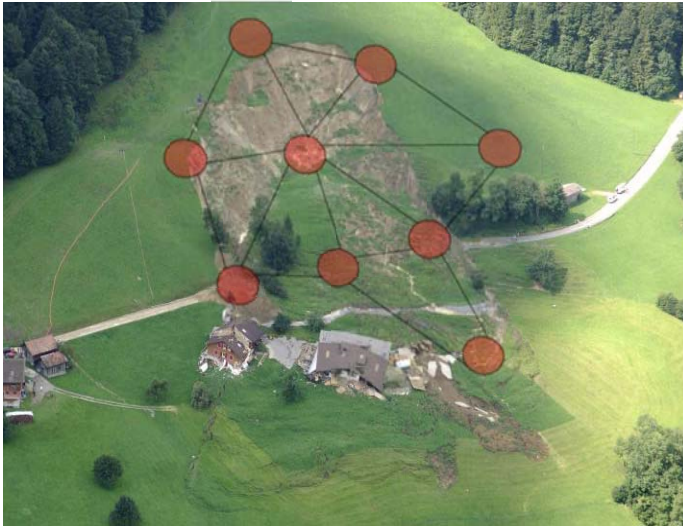
Lokalisierung: Klassifikation



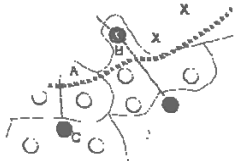


Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen **SLEWS**

A Sensor based Landslide Early Warning System



Geodätische und Geoinformationstechnische Aspekte eines Frühwarnsystems für Hangrutschungen mit Echtzeit-Sensorik



Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

Motivation

- Besiedlung gefährdeter Gebiete nimmt zu
- Jährliche Schäden in Milliardenhöhe
- Akute Bedrohung von Menschenleben
- Beschädigung von Infrastrukturen



Salzburg, Österreich, 2008 [Spiegel-Online]



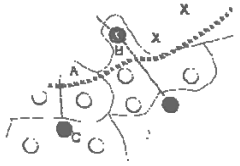
La Conchita, California, 1995 [USGS]



Sassnitz, Insel Rügen, 2008 [Ostseezeitung]



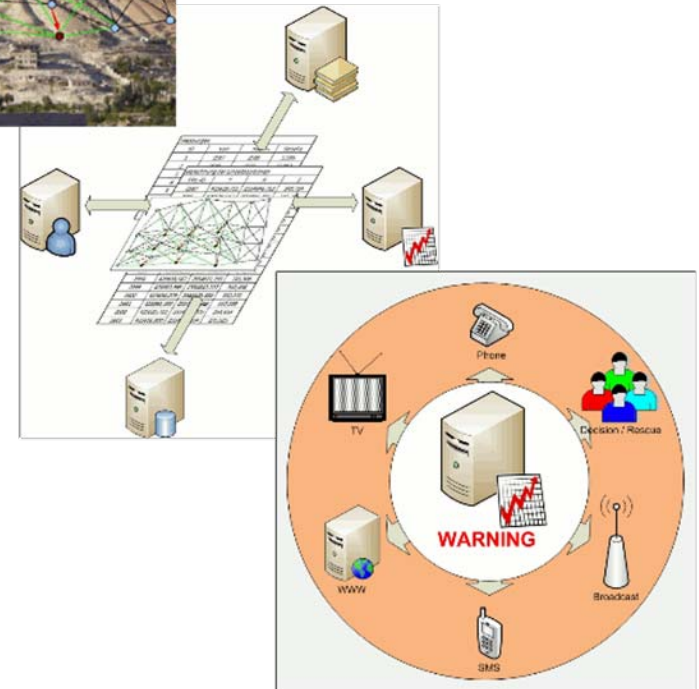
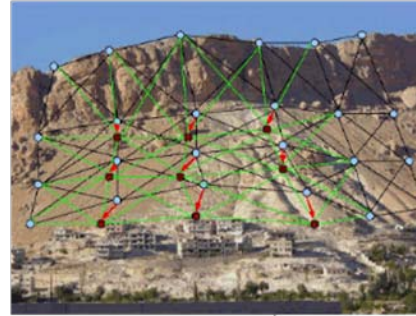
Sabino Canyon, Arizona, 2006 [USGS]

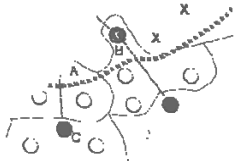


Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

SLEWS: Grundlagen

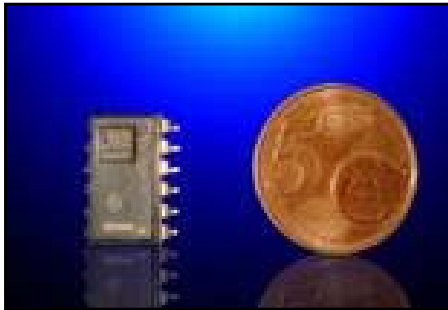
- Ad hoc Sensornetzwerk
 - Funkbasiert
 - Selbstorganisiert
 - Einfache Installation
- Sensor-Fusion
 - Preisgünstige Detektoren
 - Modularer Aufbau
 - Profilbasierte Kombination
- Geodateninfrastruktur
 - Dienstbasierte Schnittstellen
 - Standardisierter Aufbau
 - OGC/SWE-basiert
- Adaptive Informationsverteilung
 - Detailstufe skalierbar
 - Nutzung beliebiger Kommunikationskanäle





Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

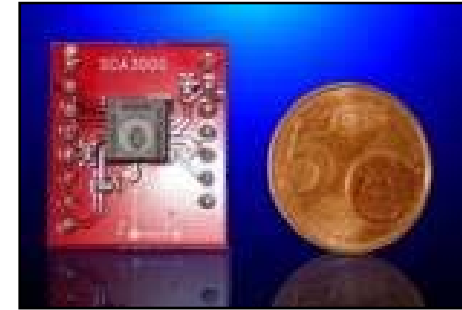
Sensoren in Proportion



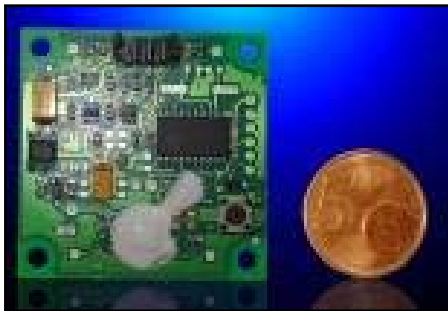
Inklinometer
(1-axial)



Weggeber



Accelerometer



Inklinometer
(2-axial)

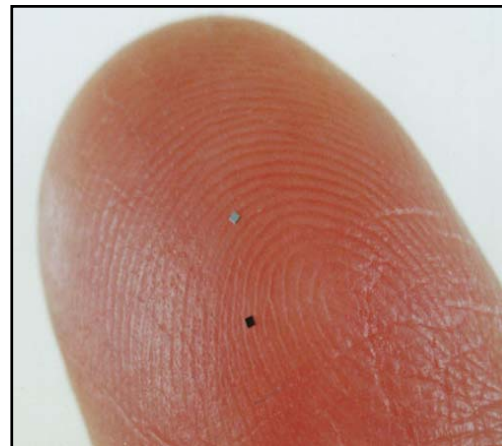


Photo: Hitachi

- Hitachi μ -Chip
- not really a sensor, just **passive** transponder RFID, containing unique 128b ID, 0.4*0.4 mm

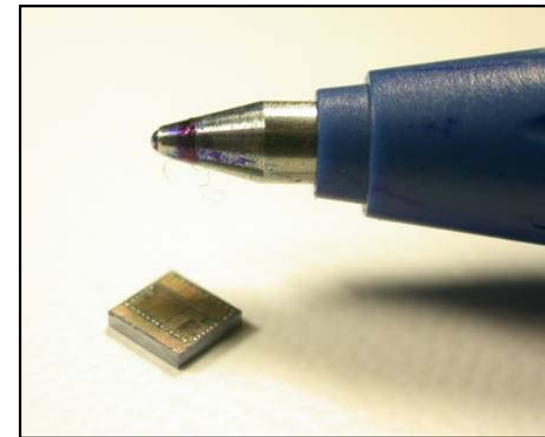
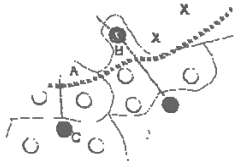


Photo: Jason Hill, UCB

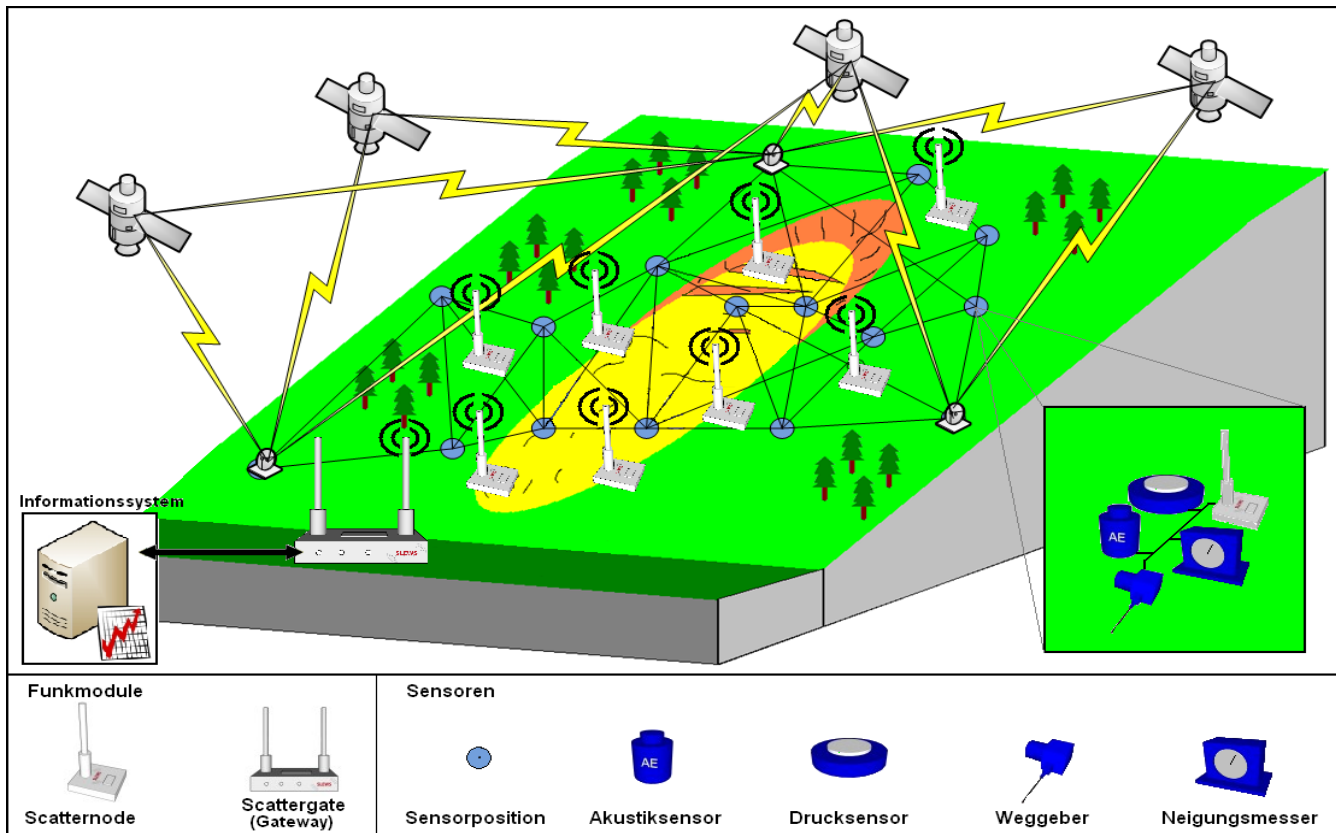
- UC-Berkeley's SPEC
- **active** sensor node, μ C, 3K RAM, 8 bit ADC, proprietary radio interface, 2*2.5 mm

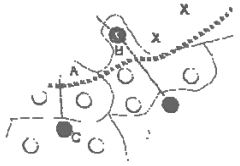


Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

Sensornetzwerk: Layout

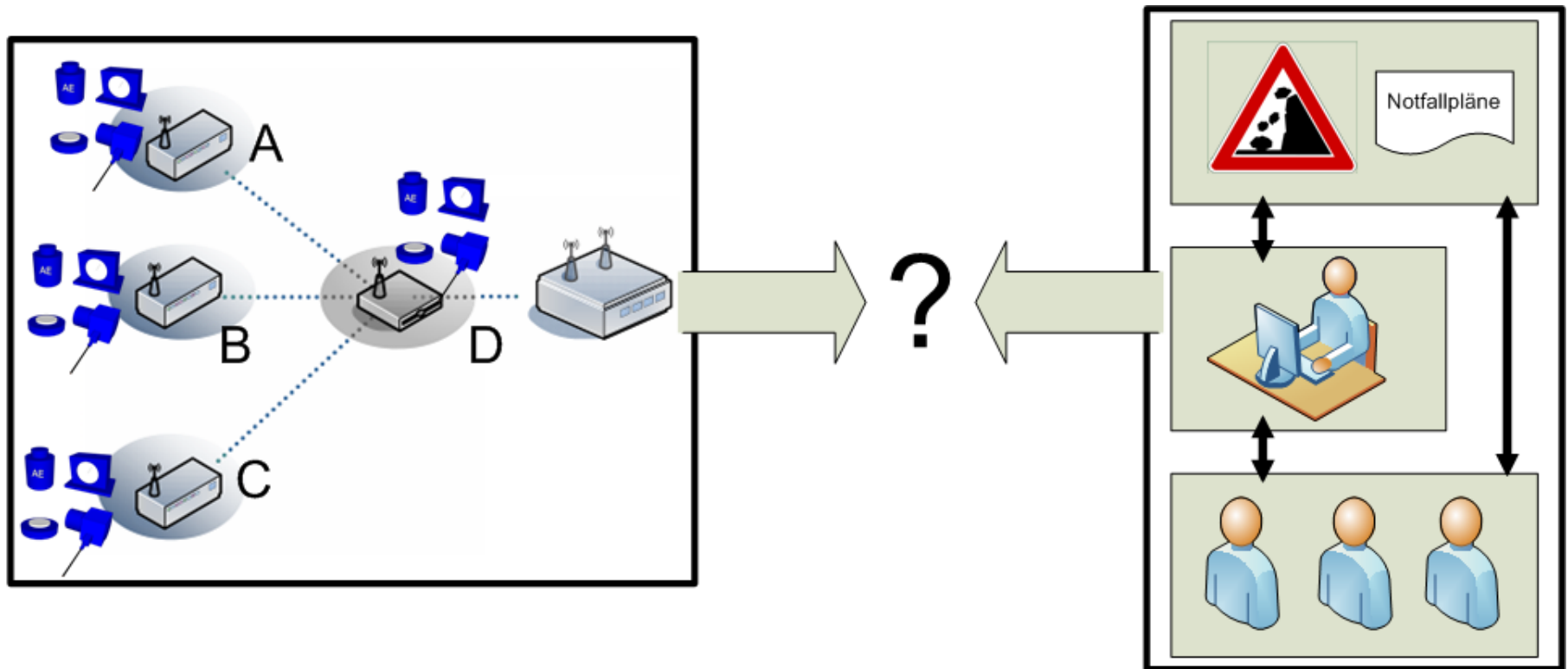
- Funkbasierte Kommunikation (GSN)
- Sensoren: Temperatur, Feuchtigkeit, Akustik, Weggeber
- GPS zur geodätischen Referenzierung
- Geodätisches Netz für Deformationsanalyse

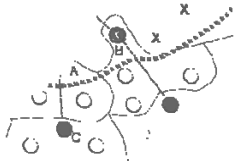




Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen Informationsinfrastruktur

- Sensoren, Informationen und Nutzer generisch verbinden?

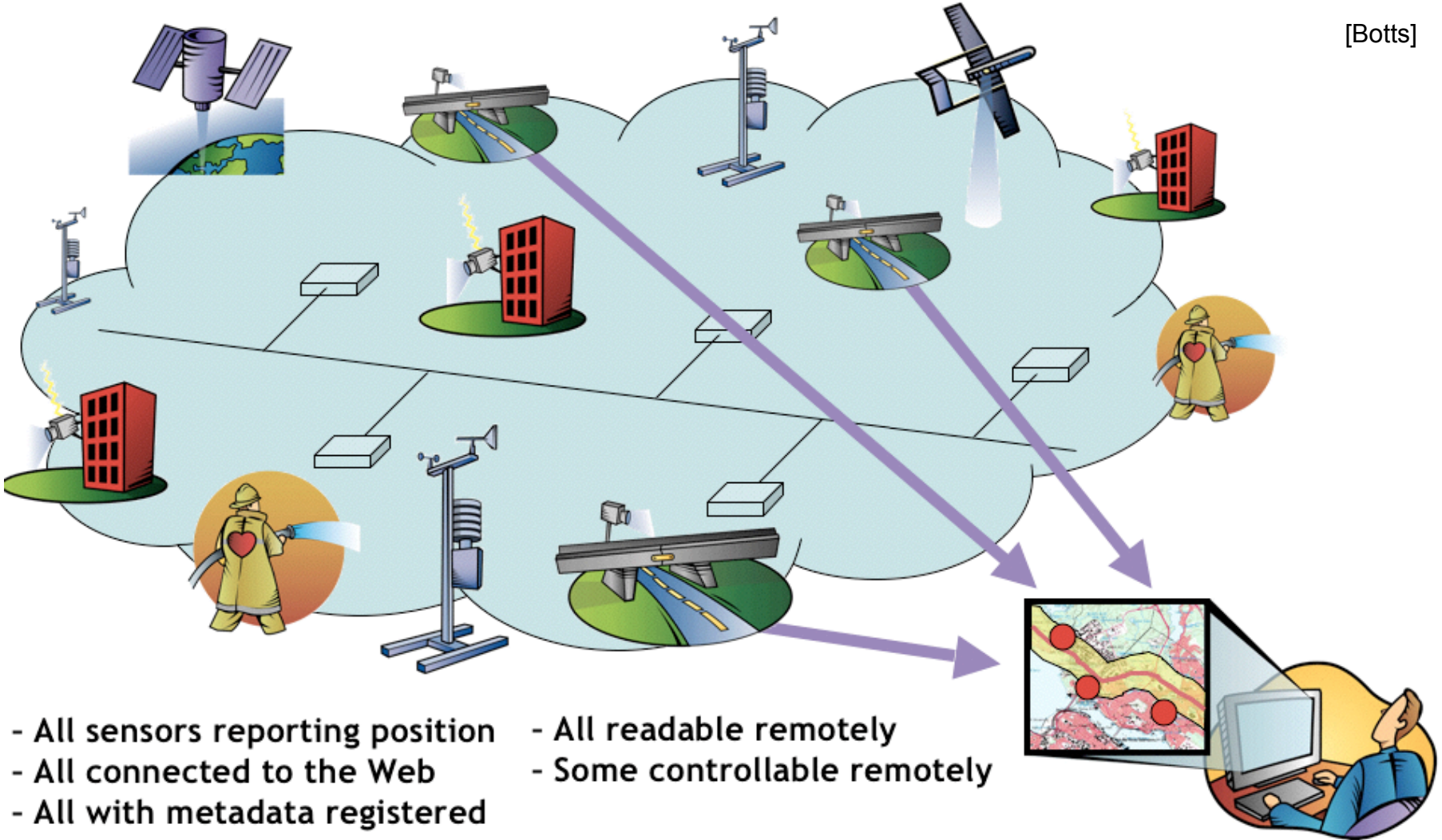




Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

OGC: Sensor Web Enablement

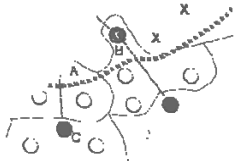
[Botts]



- All sensors reporting position
- All connected to the Web
- All with metadata registered

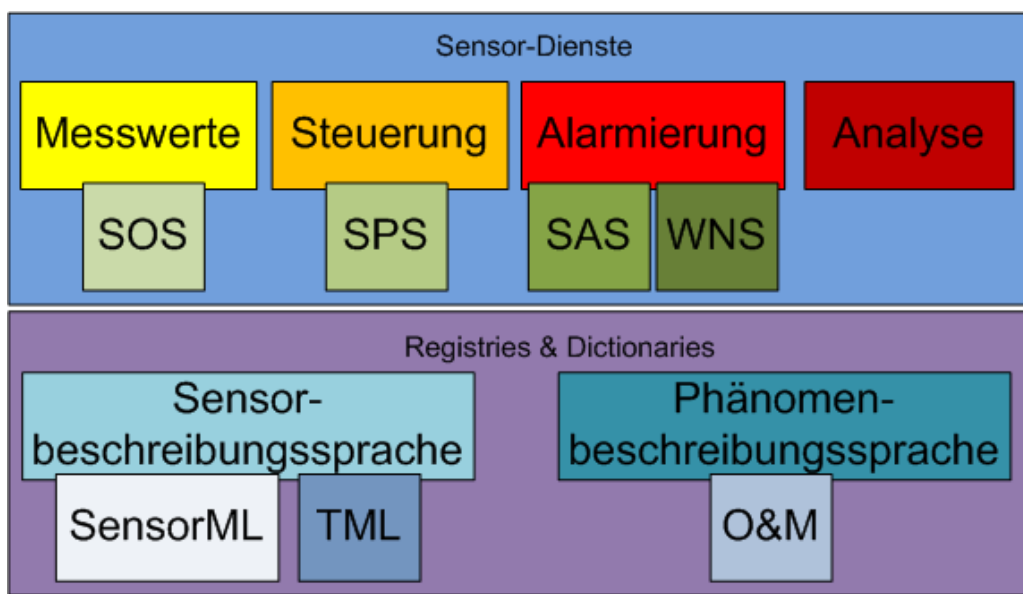
- All readable remotely
- Some controllable remotely



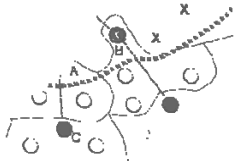


Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

OGC SWE - Spezifikationen



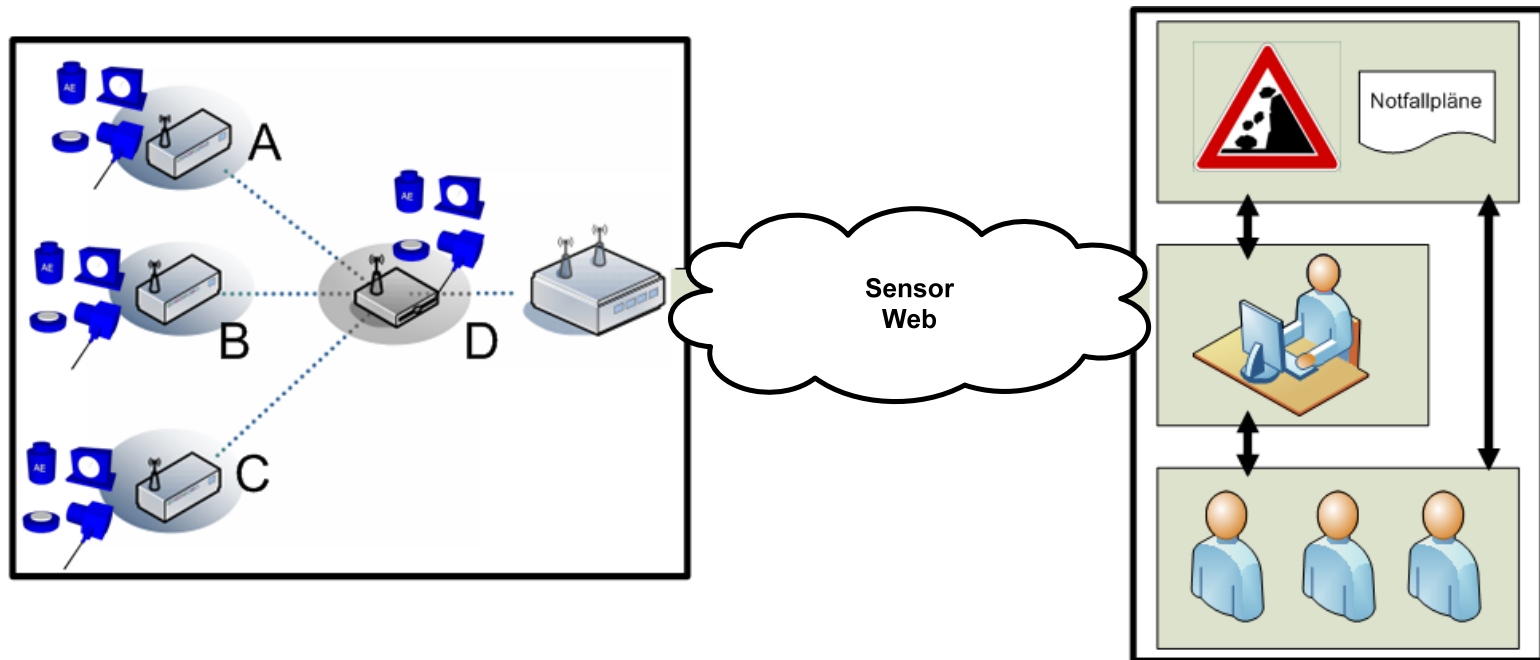
Spezifikation	Abkürzung
Observations & Measurements Schema	O&M
Sensor Model Language	SensorML
Transducer Markup Language	TML
Sensor Observations Service	SOS
Sensor Planning Service	SPS
Sensor Alert Service/ Web Notification Services	SAS/ WNS

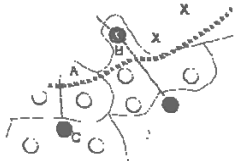


Geosensornetzwerke in Frühwarnsystemen

Vorteile

- Internetbasierter Informationsaustausch über offene Standards
- unabhängig von Hardware und Hersteller
- Infrastruktur modular aufgebaut
- austausch- und skalierbar, kosteneffizient
- Interoperabilität zu externen Systemen gewährleistet





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

