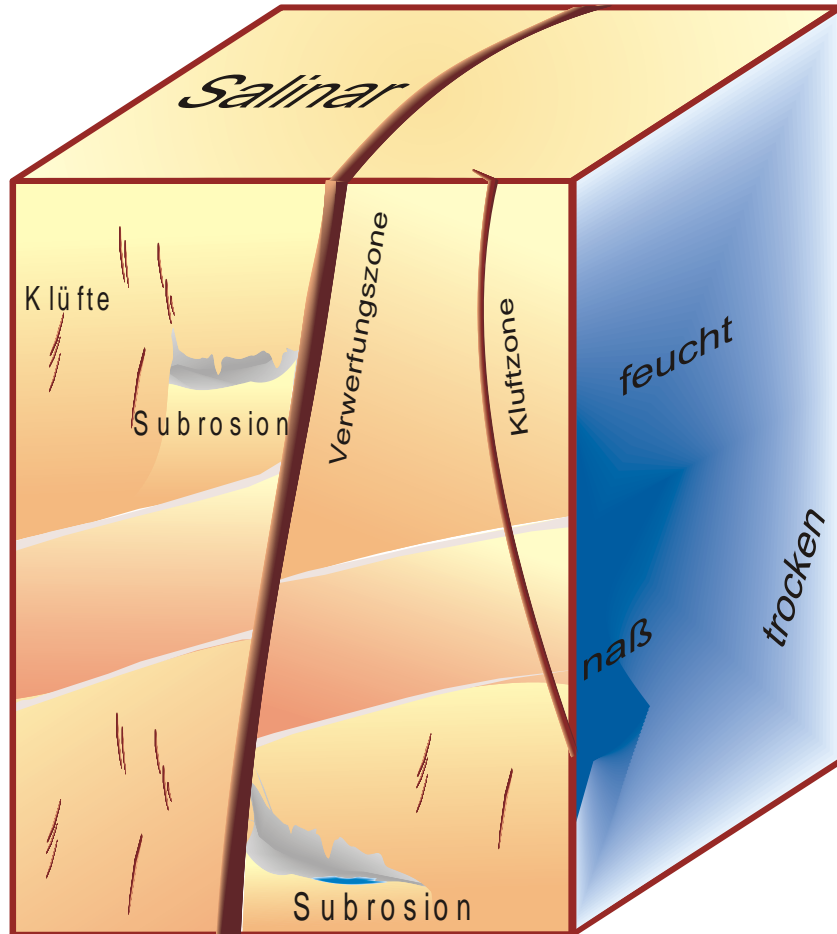


# K-UTECH AG Salt Technologies

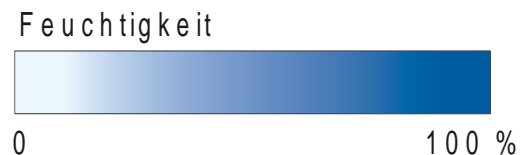


**Geophysik im Kali- und  
Steinsalzbergbau**

# Problemzonen im Salinar



- Tektonische Störungszonen
- Lithologisch vorgeprägte Schwächezonen
- Kluftzonen
- Laugentaschen
- Feuchtezonen mit Salzlösungsvorkommen
- Schichtgrenzen
- Bergbaulich bedingte Auflockerungszonen



# Aufgaben der Geophysik

- Erkundung, Charakterisierung und Überwachung

## Übersichts- und Standorterkundung

- Aero-EM
  - Seismik
  - Gravimetrie
- *Abgrenzung Salzstock, grobe Strukturen*

## Arbeitssicherheit und Barriereintegrität

## Langzeitsicherheit und Barriereintegrität

### Vor/ Während Streckenauffahrung und Betriebsphase:

- Schichtgrenzen – *Radar, Seismik, Bohrloch-Radar, EM*
- Feuchtezonen mit Salzlösungsvorkommen – *Geoelektrik, TDR*
- Auflockerungszonen – *Sonar, Radar, Geoelektrik*

### Überwachung

- *Spannungszustände im Gebirge -Passive Seismik*
- Barriereintegrität
- Lösungswege/ Lösungszutritte - *Geoelektrik, TDR*

vor

während

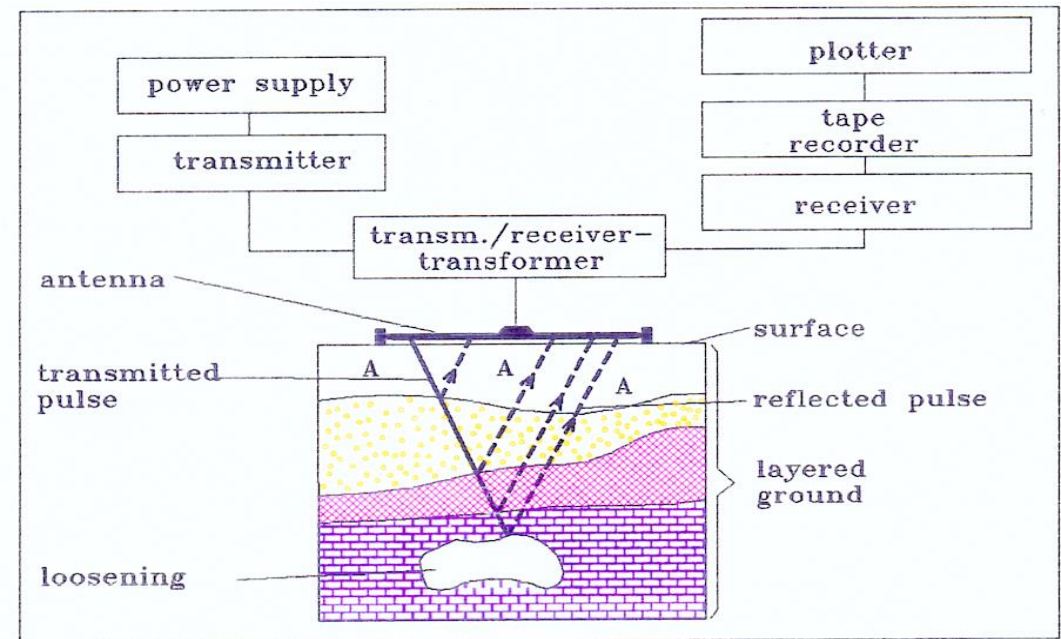
nach

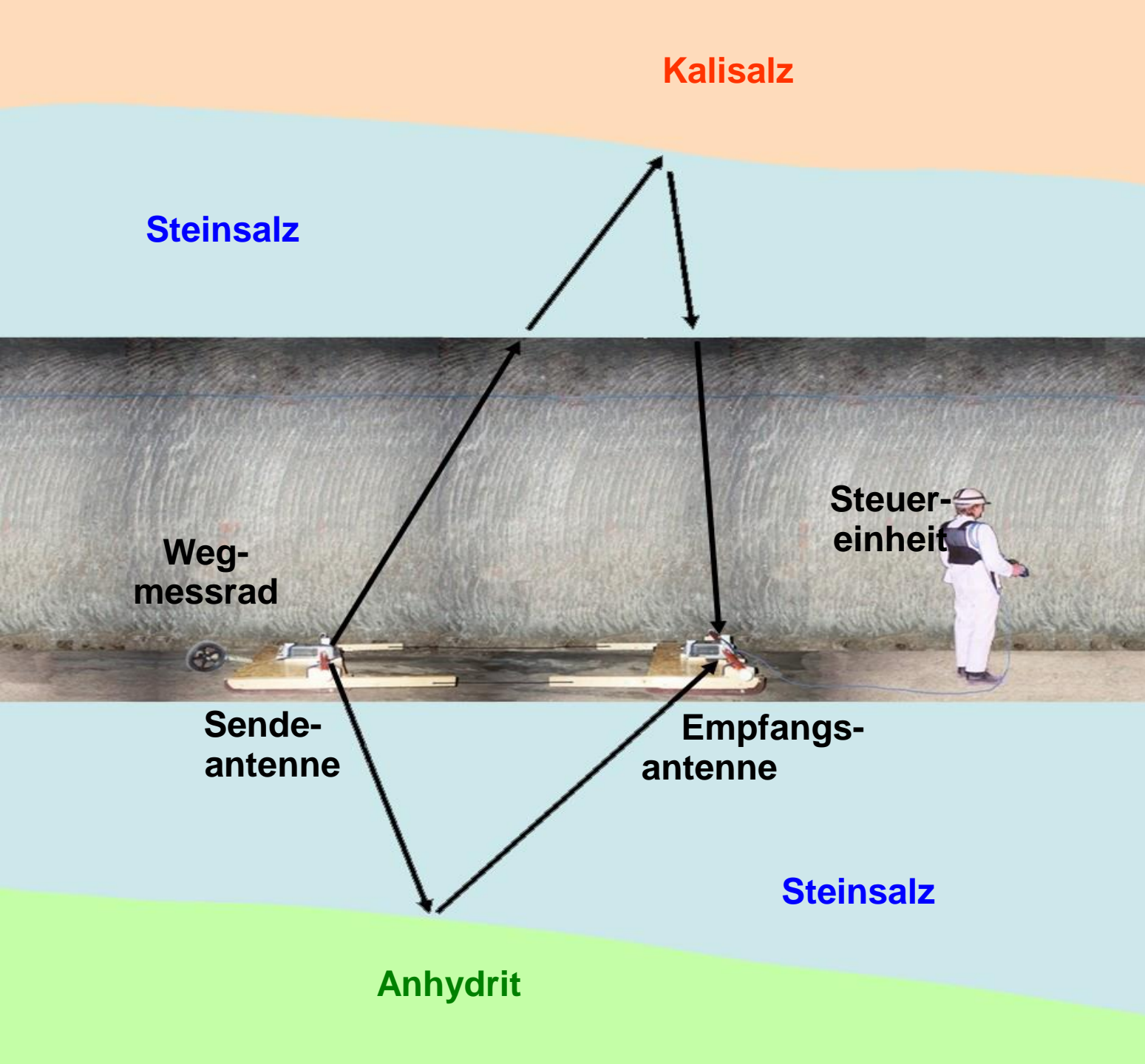
der Betriebsphase

# Untertagegeophysik im Kali- und Steinsalzbergbau

- Georadar und Bohrlochradar
- Geosonar
- Geoelektrik
- Seismische Erkundung
- Seismische Überwachung

- Schnelle Erkundungsmethode
- Hohe Auflösung
- Erkundung von Firstsicherheit und Schichtmächtigkeiten sowie Strukturen





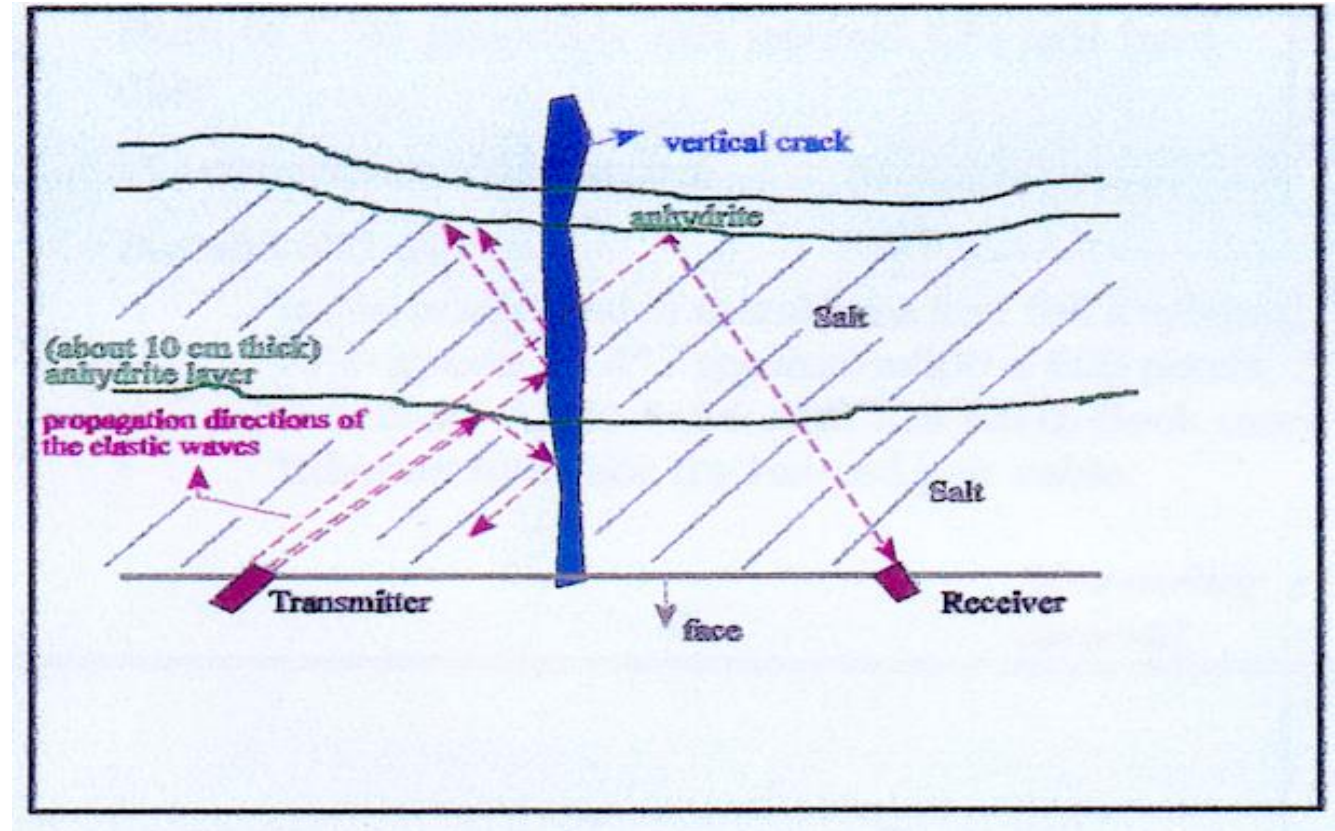
- Reflexionen an Grenzen mit Änderung der EM-Eigenschaften
- in trockenem Salz Eindringtiefen bis mehr als 100 Meter möglich
- Antennenfrequenzen 10 MHz - 2,5 GHz
- Wegezuordnung über Messrad oder Markierungen
- Zu beachten: Vollraum unter Tage

# Bohrlochradar



## Anwendungen

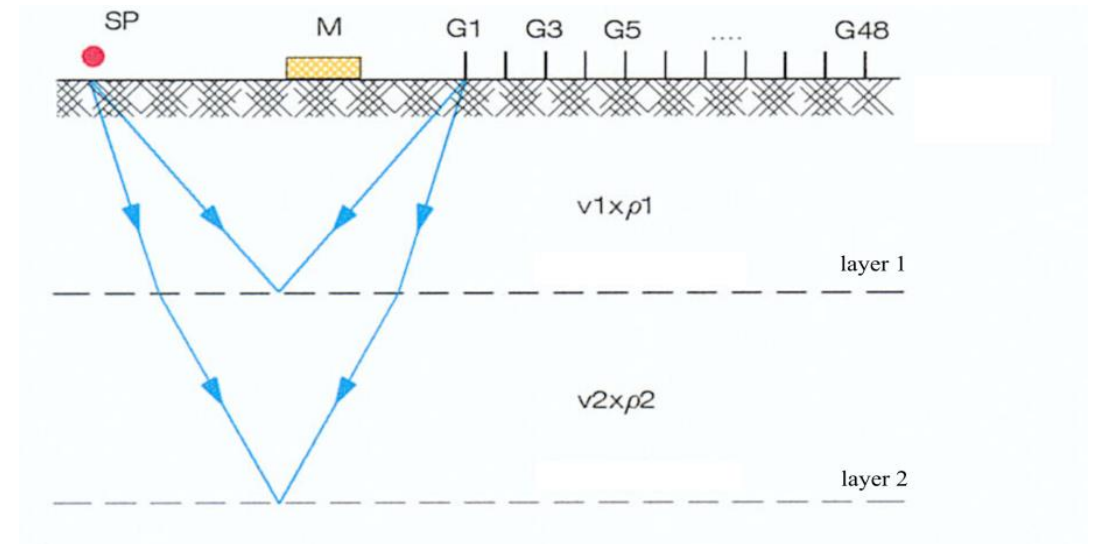
- Schichtdickenerkundung  
(meist nur wenn Georadar auf Grund der Geologie versagt)
- Hohe Auflösung
- Differenzierung von dünnen Schichten
- Erkennung von Klüften und Falten



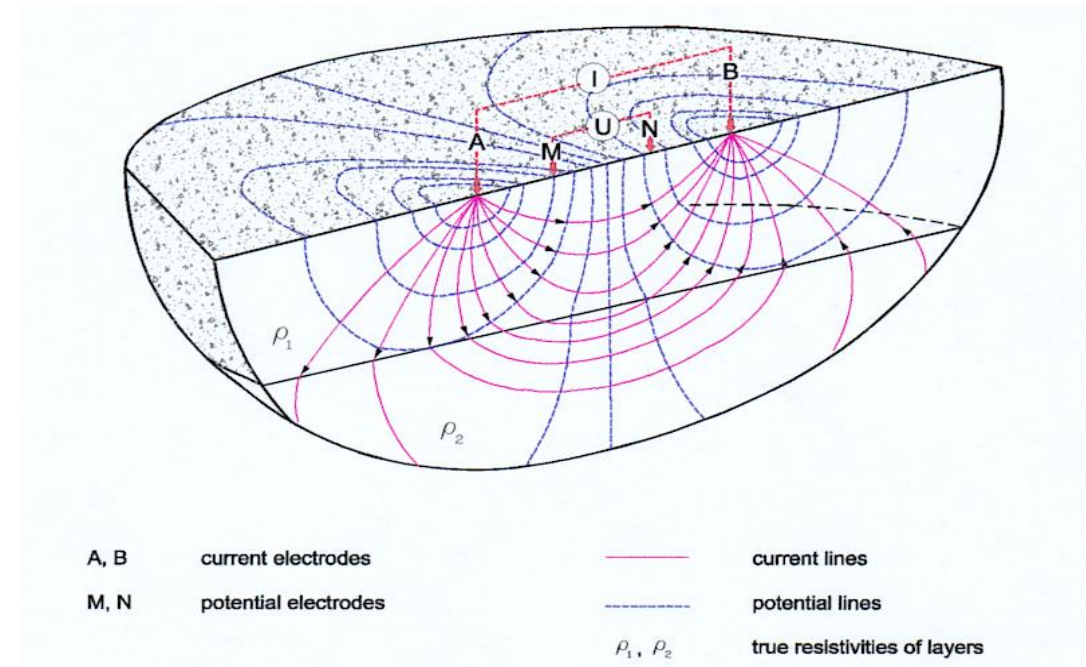


- Gutes Abbild der Geologie
- Hohe Auflösung
- Eindringtiefe sehr stark abhängig von den Ankopplungsbedingungen
- Nur ein geringer Messfortschritt verglichen mit Georadar

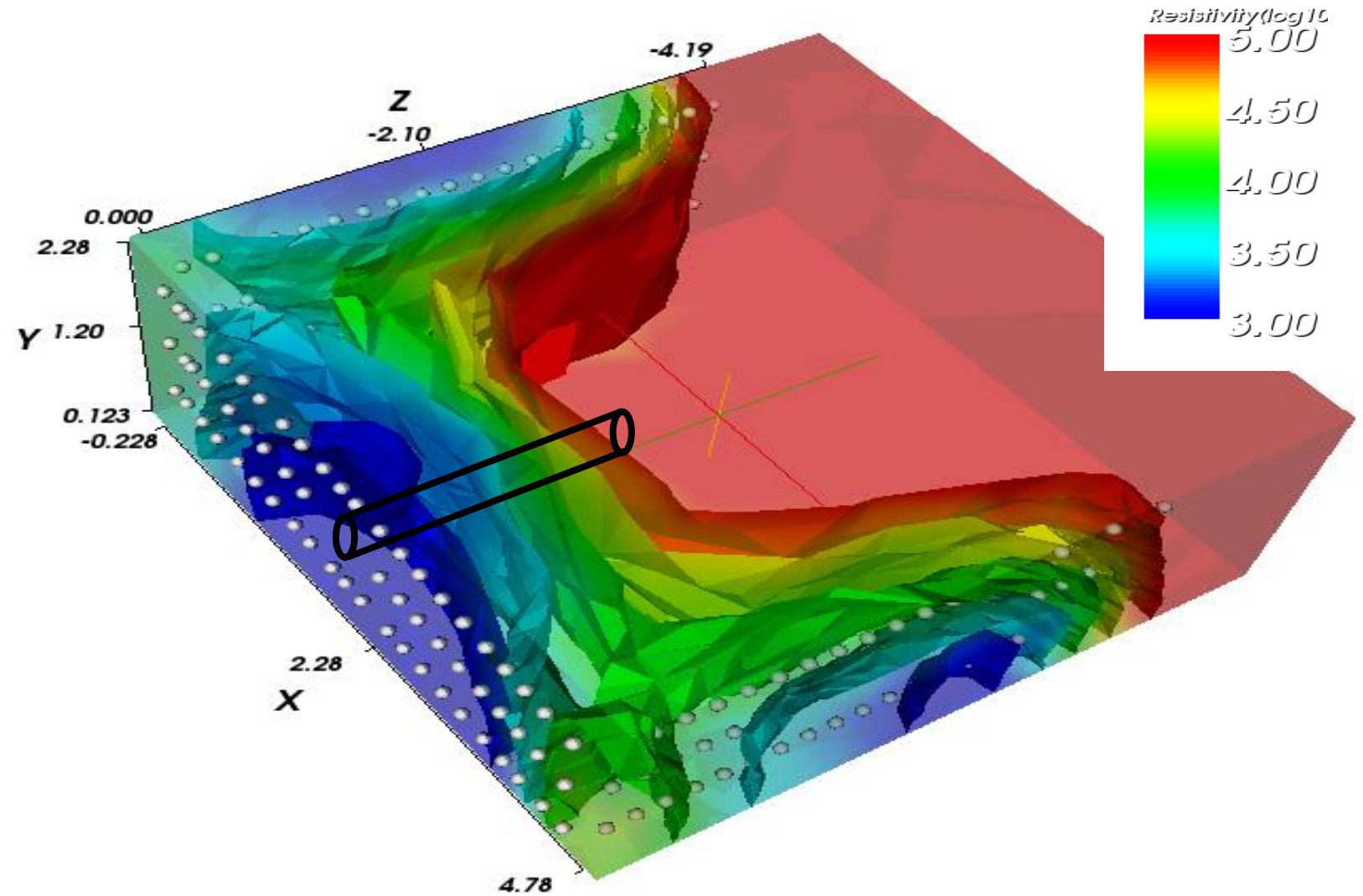
- Erkundung von tektonischen Verwerfungen/Störungen und Störungszonen
- Bestimmung der Faziesmächtigkeiten im Deckgebirge und Liegenden
- Klufterkundung



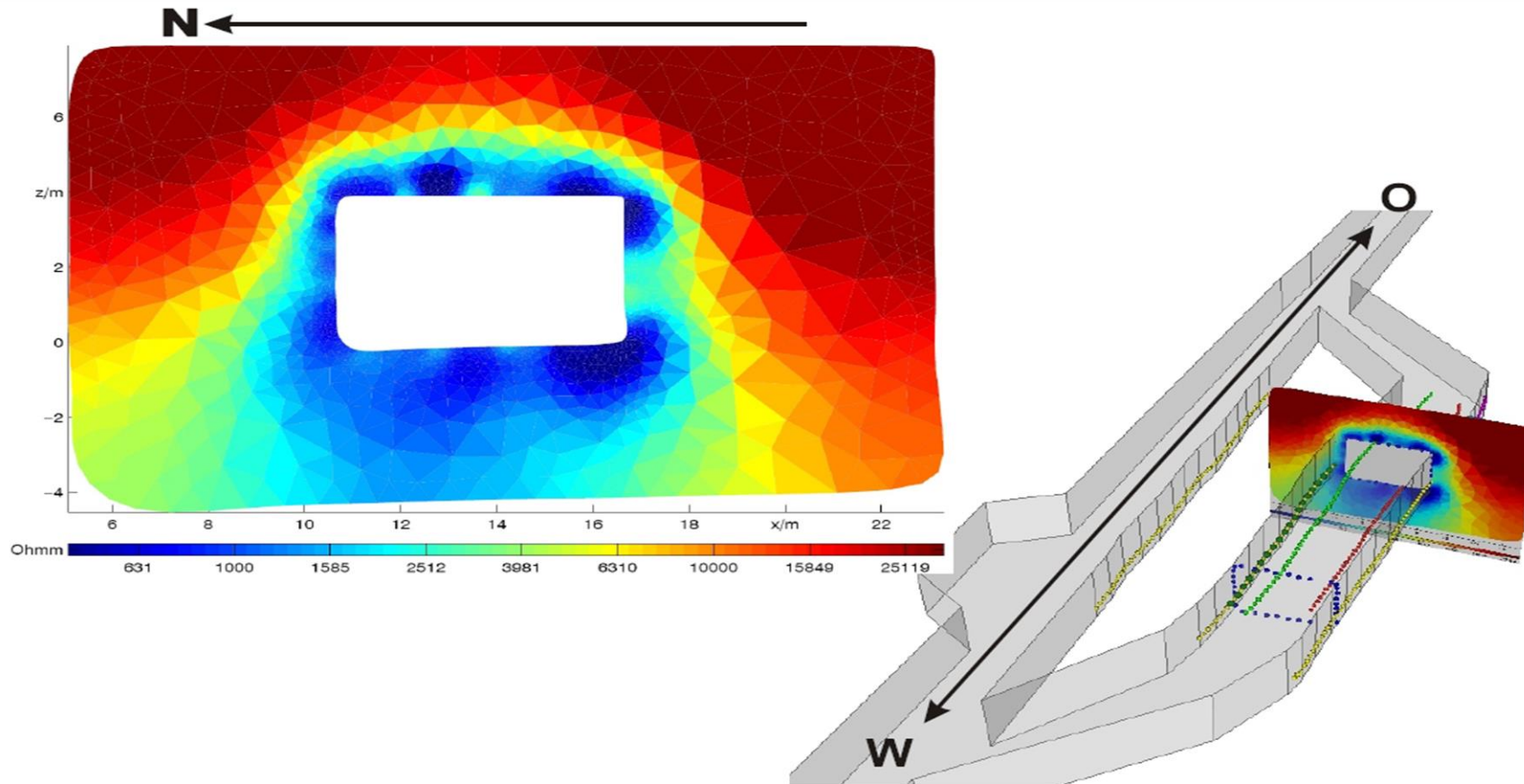
- Monitoring von Flüssigkeiten in den Salzgruben
- Injektionstests bei Dammbauprojekten



# 3D-Geoelektrik



Geringe Widerstände im Umfeld der bergbaubeeinflussten Zone







# Ingenieurseismologische Überwachung

# Warum seismische Überwachung?

Seismische Ereignisse werden verursacht durch:



Lokale Tektonik



Brüche im Deckgebirge



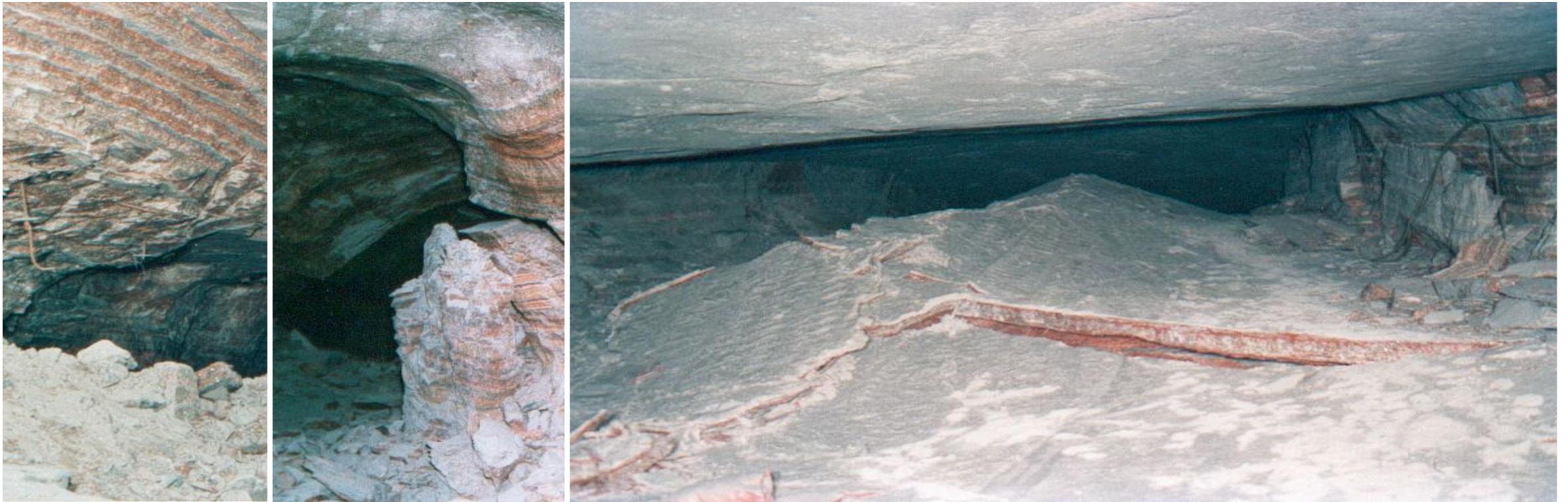
Induzierung von Energie durch Bergbautätigkeiten

- treten sporadisch auf
- Ereignisse treten spontan oder induziert auf
- Bewertung kann nur durch Beobachtung über eine längere Zeitperiode passieren



# Warum seismisches Monitoring ?

Viele Prozesse begleiten die Seismizität im Untergrund



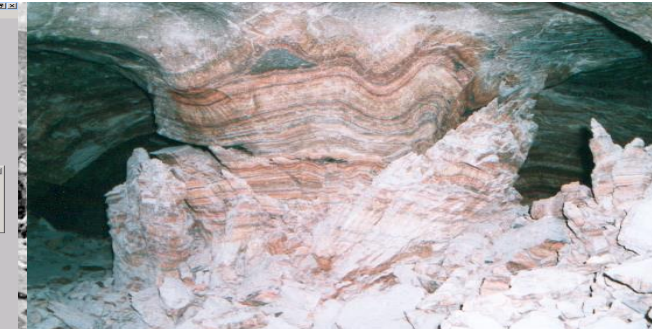
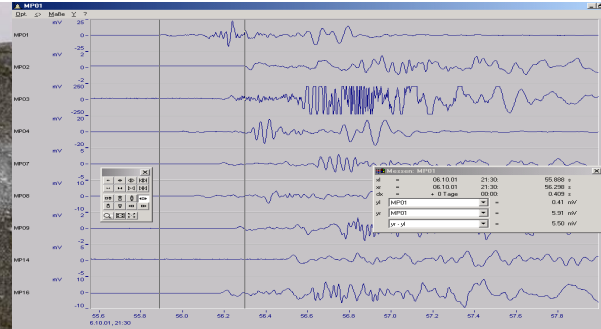
# Wann tritt seismische Aktivität auf?

- Während Abbau / Solung
- Versatz / Verfüllmaßnahmen
- Flutung
- Durchfeuchtung / Wasserzutritten
- Speicherprozessen
- Bei vorhandener lokaler Teltonik

# Warum seismisches Monitoring ?

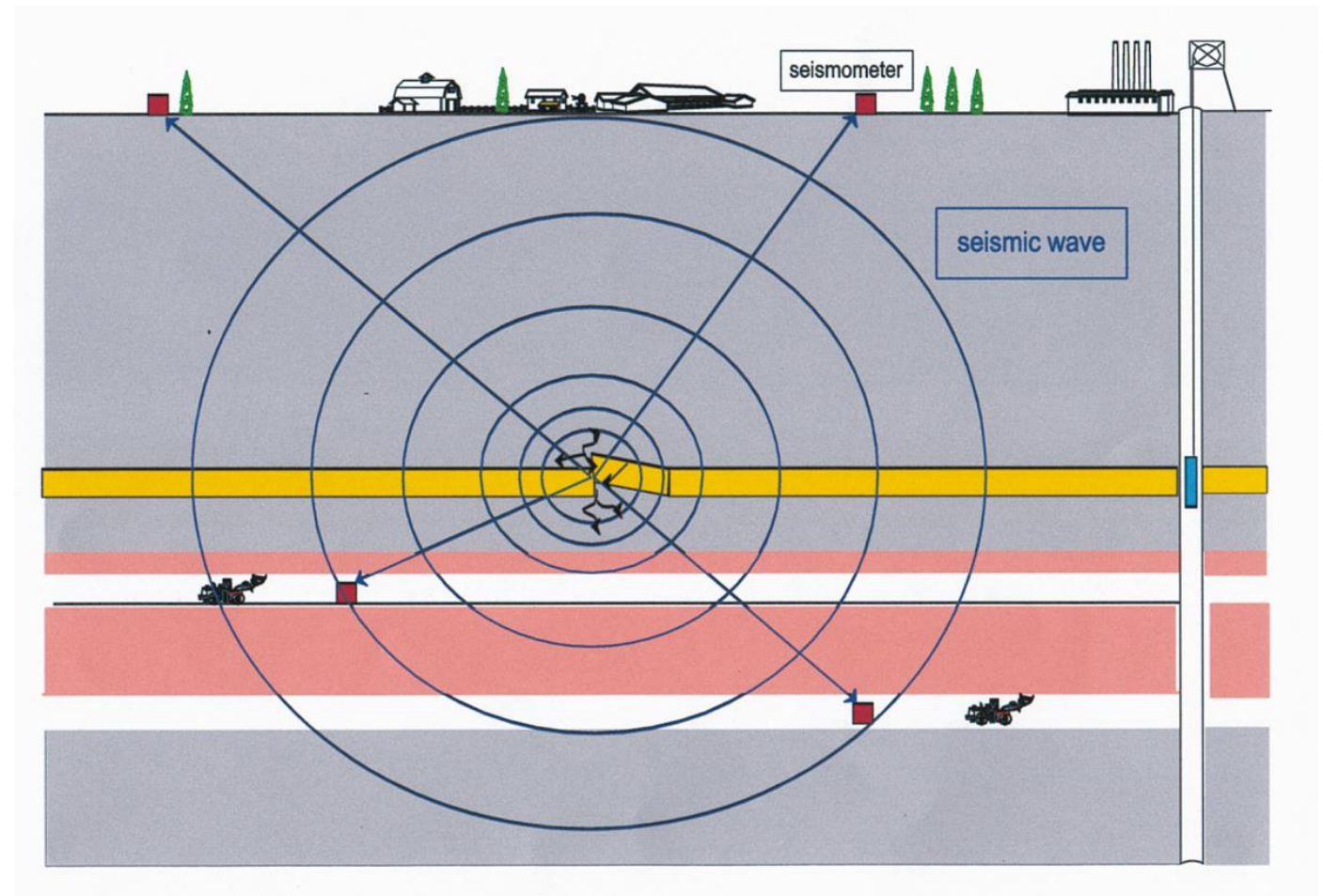
## Die Bewertung der Seismizität erlaubt:

- Monitoring der induzierten und natürlichen Seismizität bzw. der seismischen Energiefreisetzung
- Reaktionen durch Steuerung des Bergbaus, Versatzes oder der Flutung
- Schlussfolgerungen über den Gebirgszustandes der Grube / Kavernen
- Vorwarnung

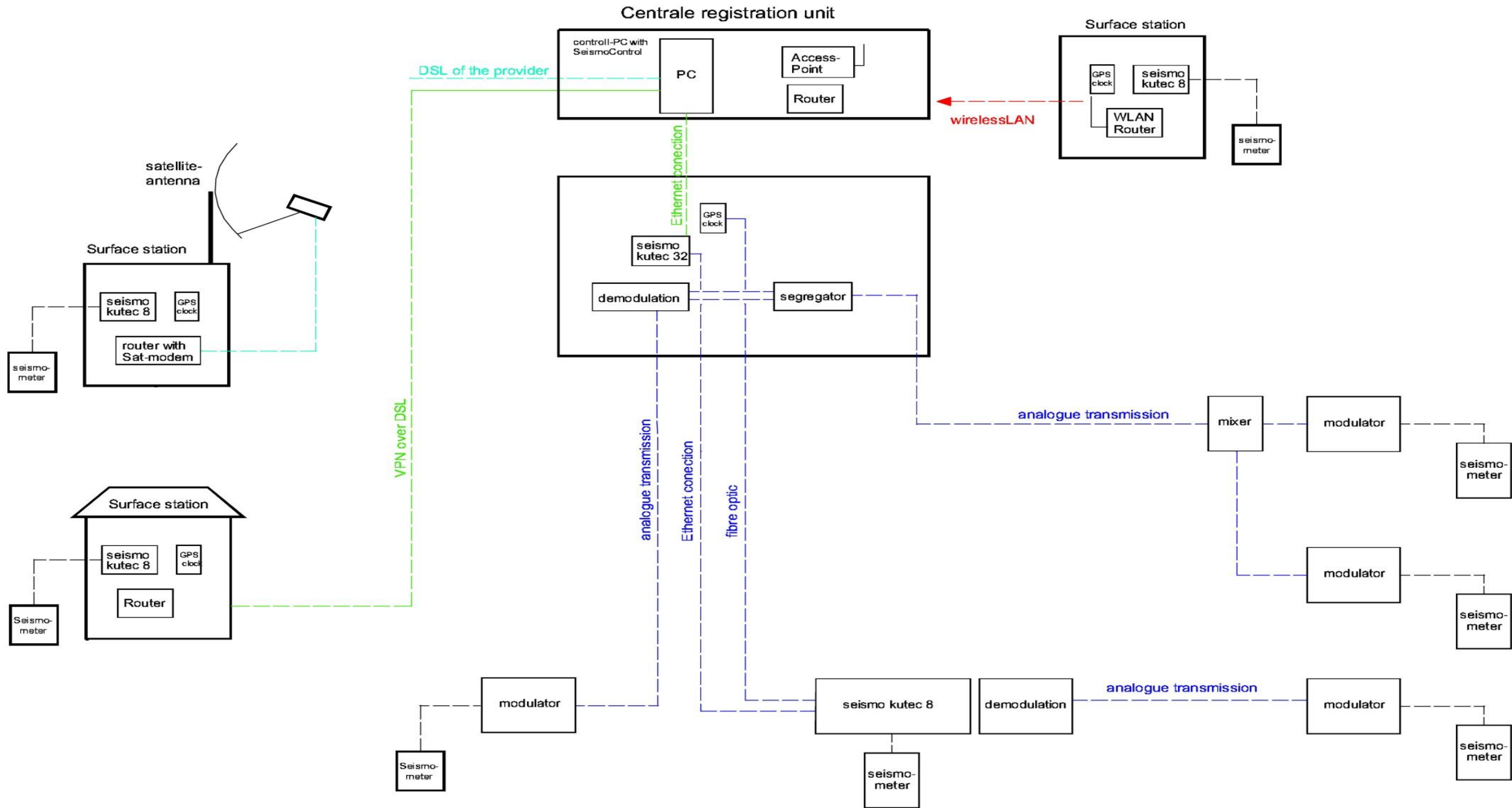


## Mögliche Positionen für Seismometer:

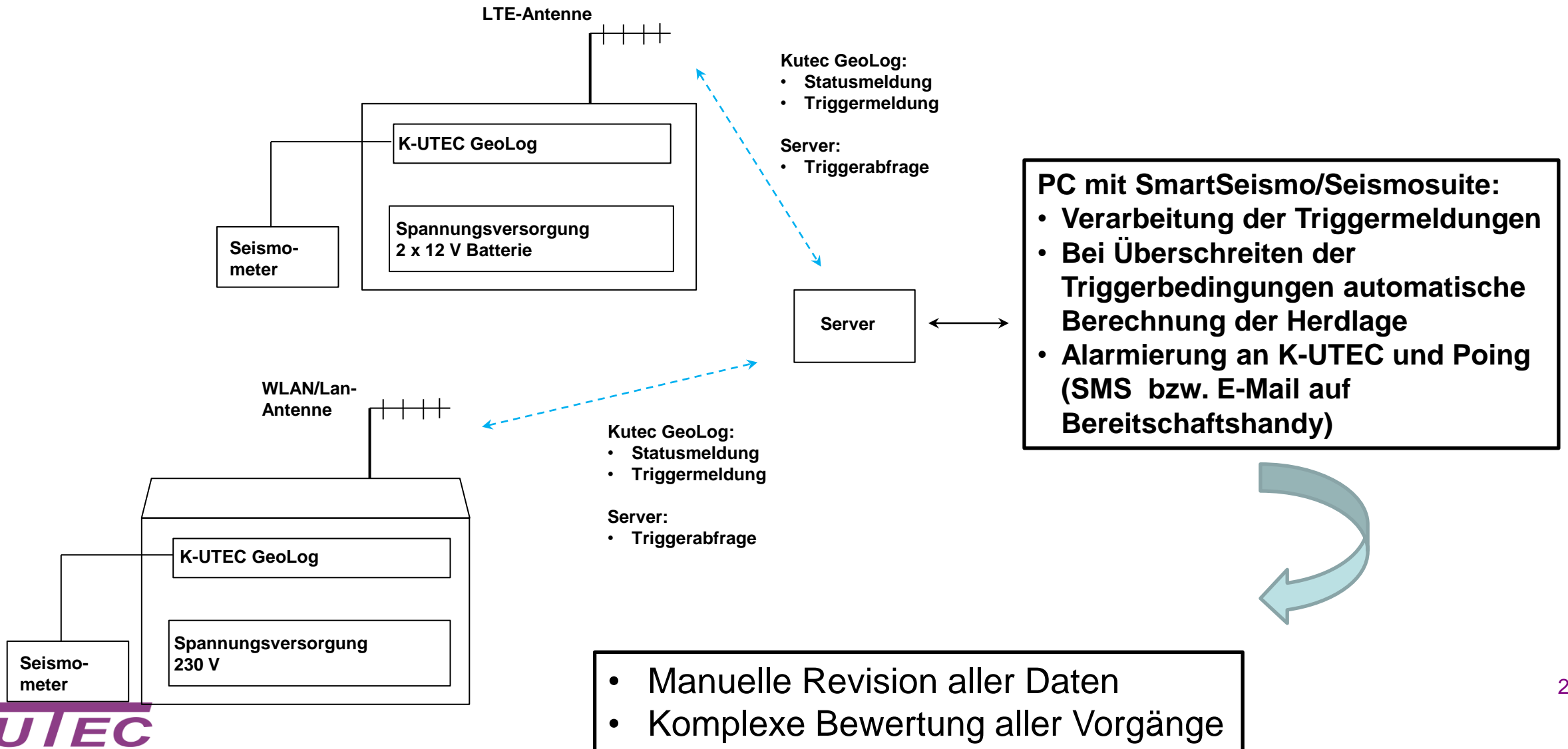
- Gebäudefundament (Übertage)
- Bohrloch
- innerhalb der Grube



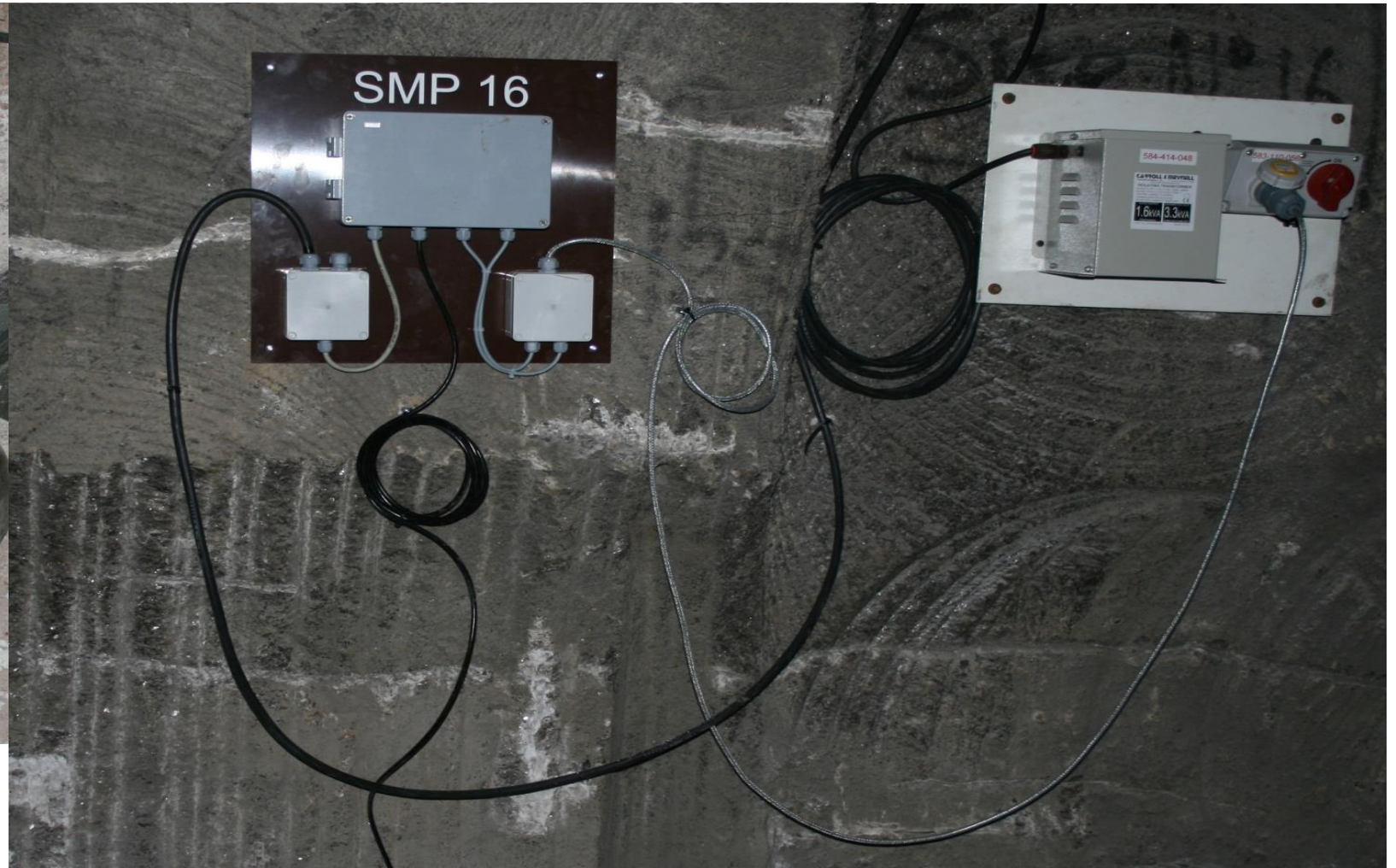
Zur Ortung seismischer Ereignisse muss das Überwachungsgebiet durch mehrere Seismometer räumlich umschlossen werden, einschließlich verschiedener Teufenniveaus



# Technik: Datenübertragung/-verarbeitung



## Seismometer und Modulation:

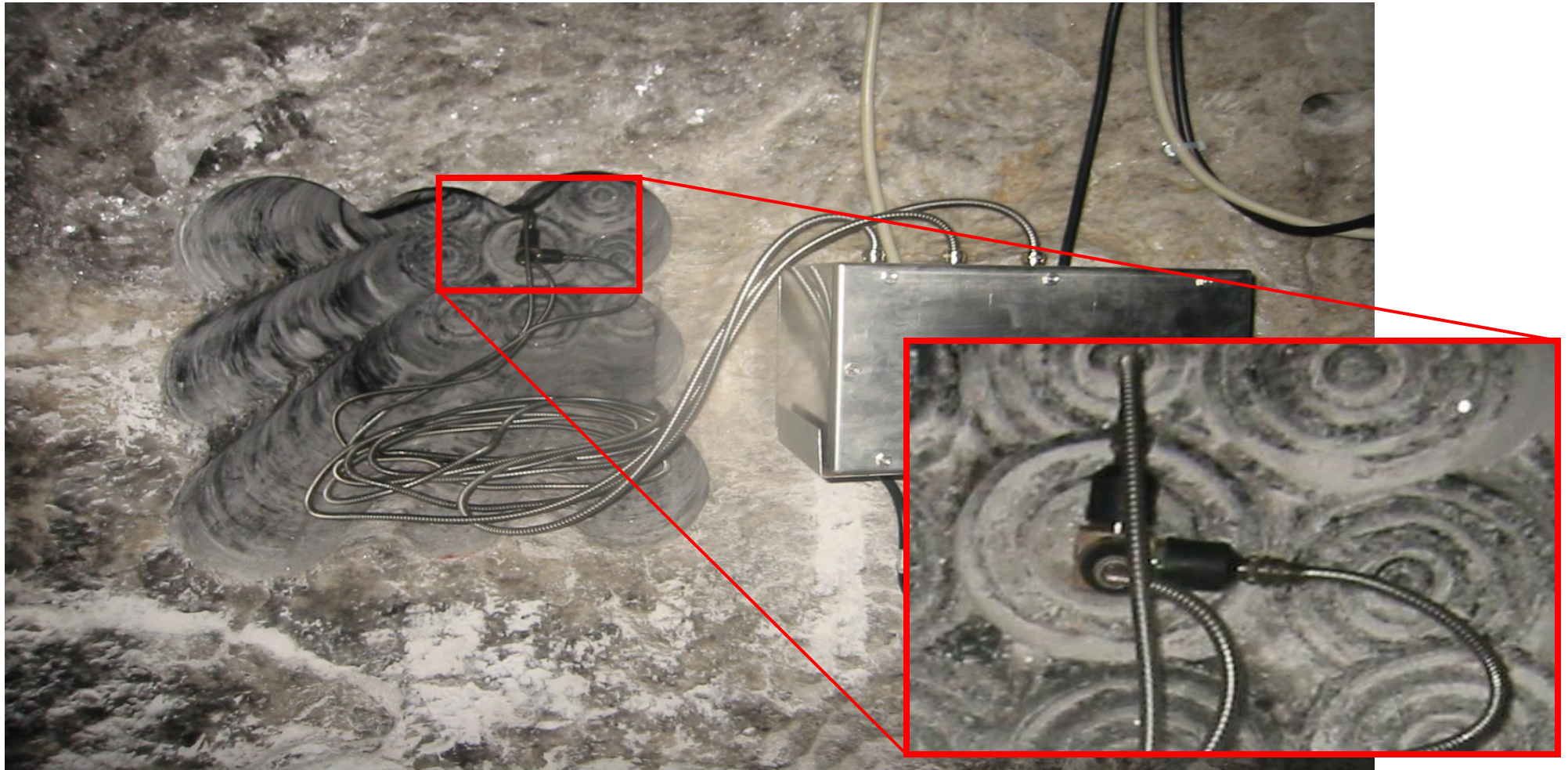


## Seismometer an der Erdoberfläche:





## 3-Komponenten Seismometer Untertage:

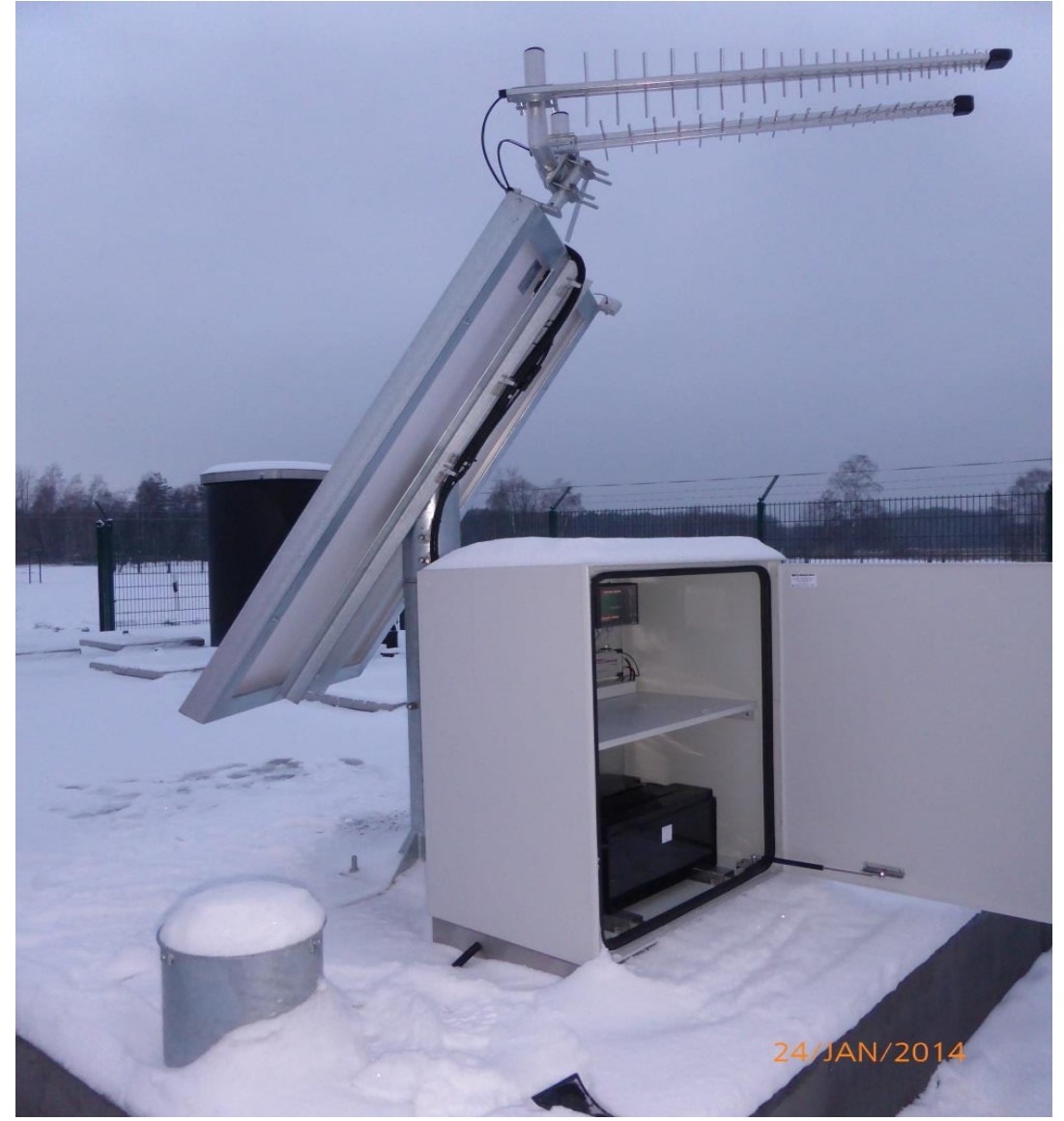


# Randbedingungen für Messpunkte

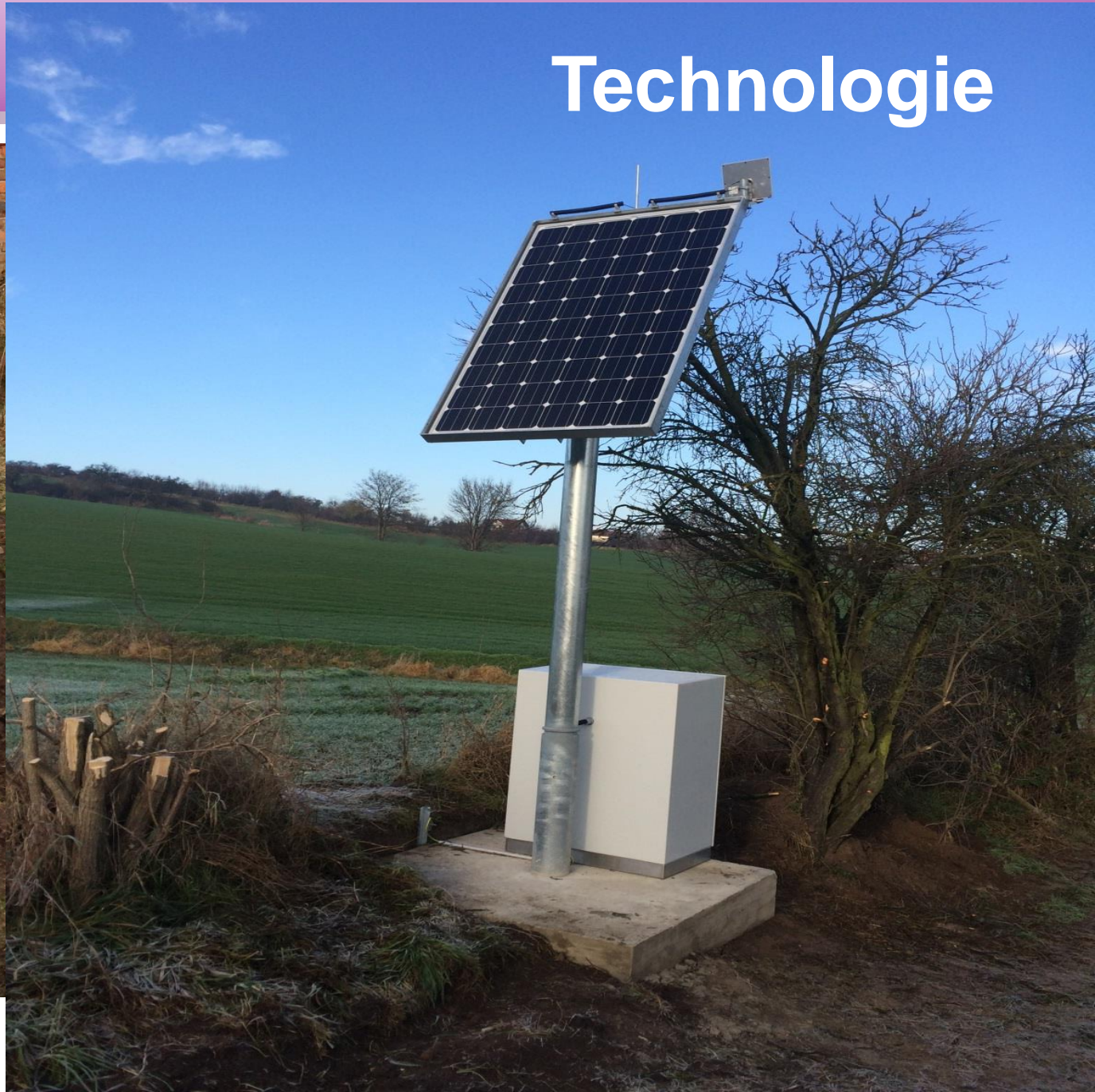
Grundrauschen (Noise) durch:

- Straßenverkehr
- Kompressoren / Industrieanlagen
- Elektromagnetische Störungen (Kathodenschutz, Transformatoren, etc)
- Siedlungen
- Wetter (Wind, Gewitter, etc.)

# Technologie



# Technologie

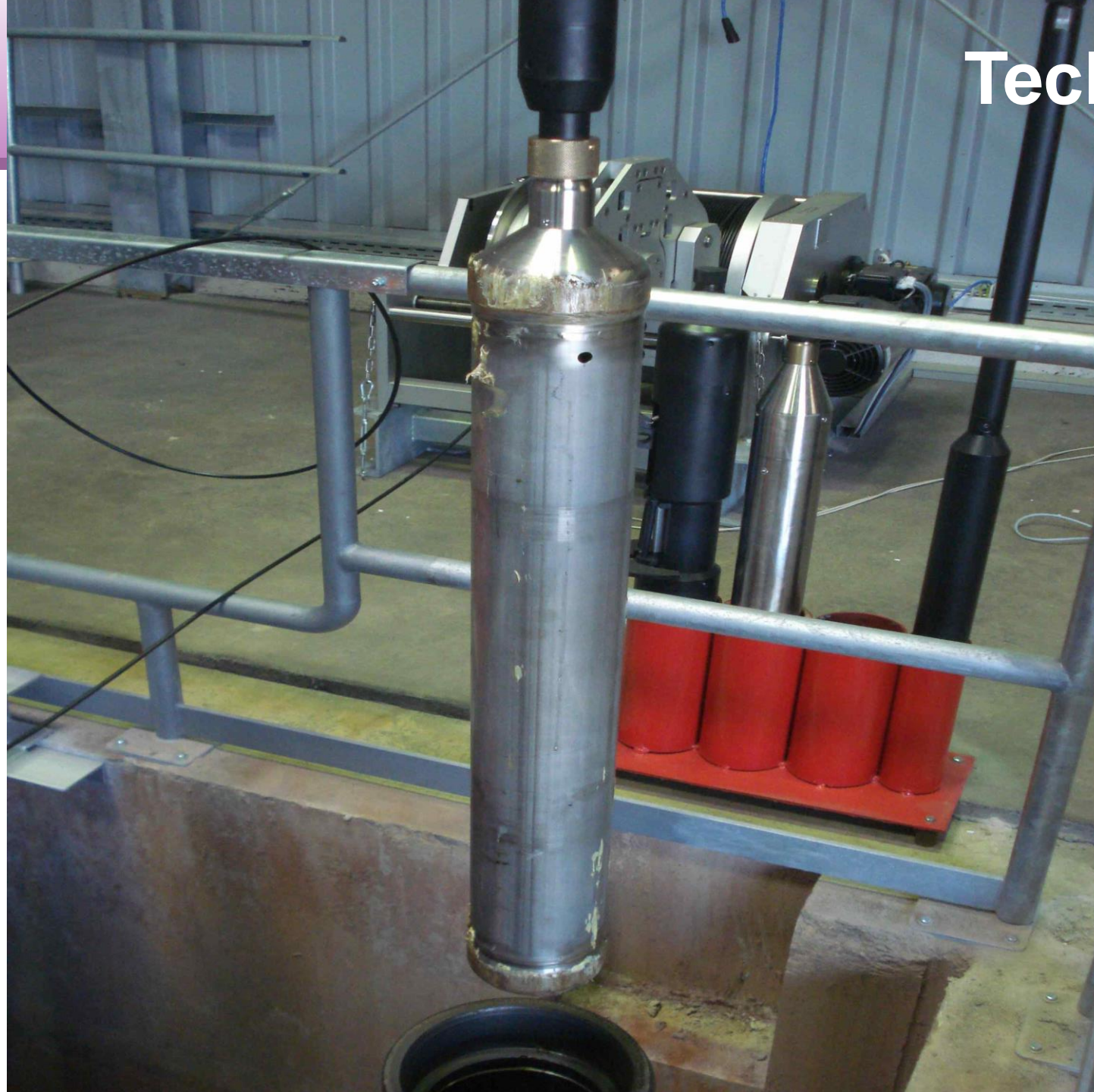


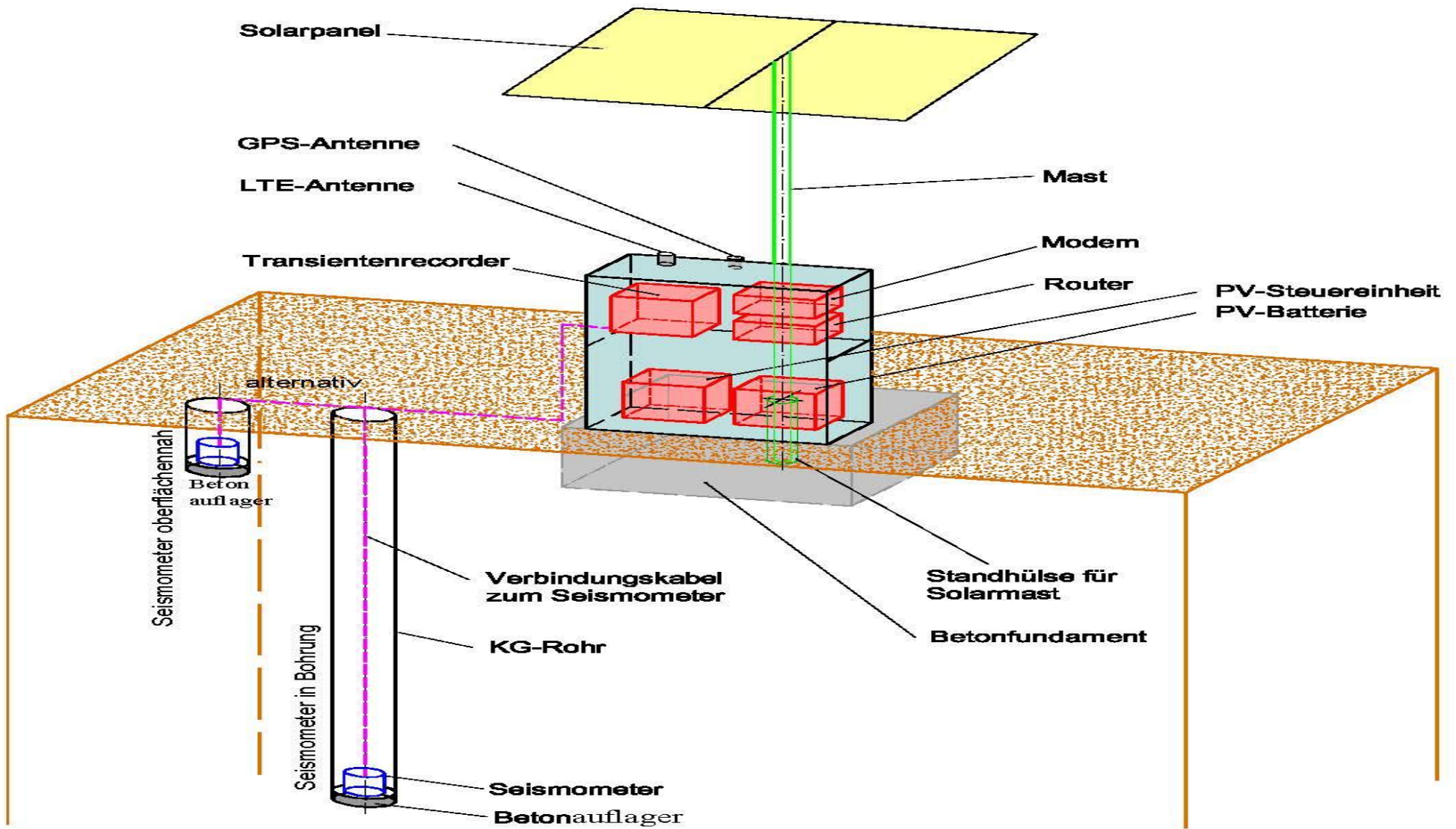


# Technologie



# Technologie





Solarpanel

GPS-Antenne

LTE-Antenne

Transientenrecorder

Mast

Modem

Router

PV-Steuereinheit  
PV-Batterie

alternativ

Seismometer oberflächennah

Beton  
auflager

Verbindungskabel  
zum Seismometer

Standhülse für  
Solarmast

Betonfundament

Seismometer in Bohrung

KG-Rohr

Seismometer

Betonaufleger

Legende:

- LTE - Mobilfunktechnologie (Long Term Evolution)
- PV - Photovoltaik
- GPS - Navigationssatellitensystem (Global Positioning System)



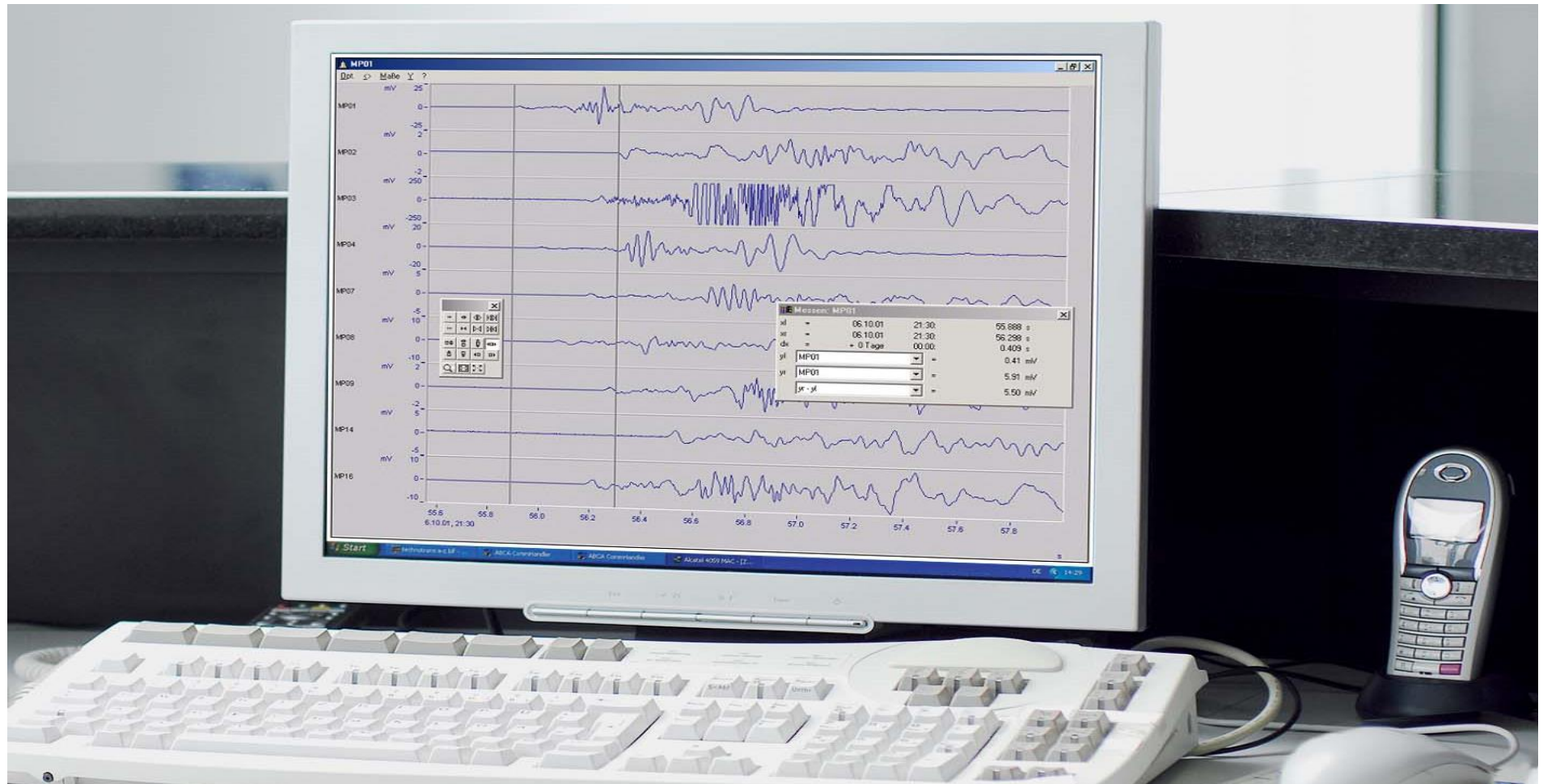
# Messwert erfassungsanlage



## Überwachungsziele:

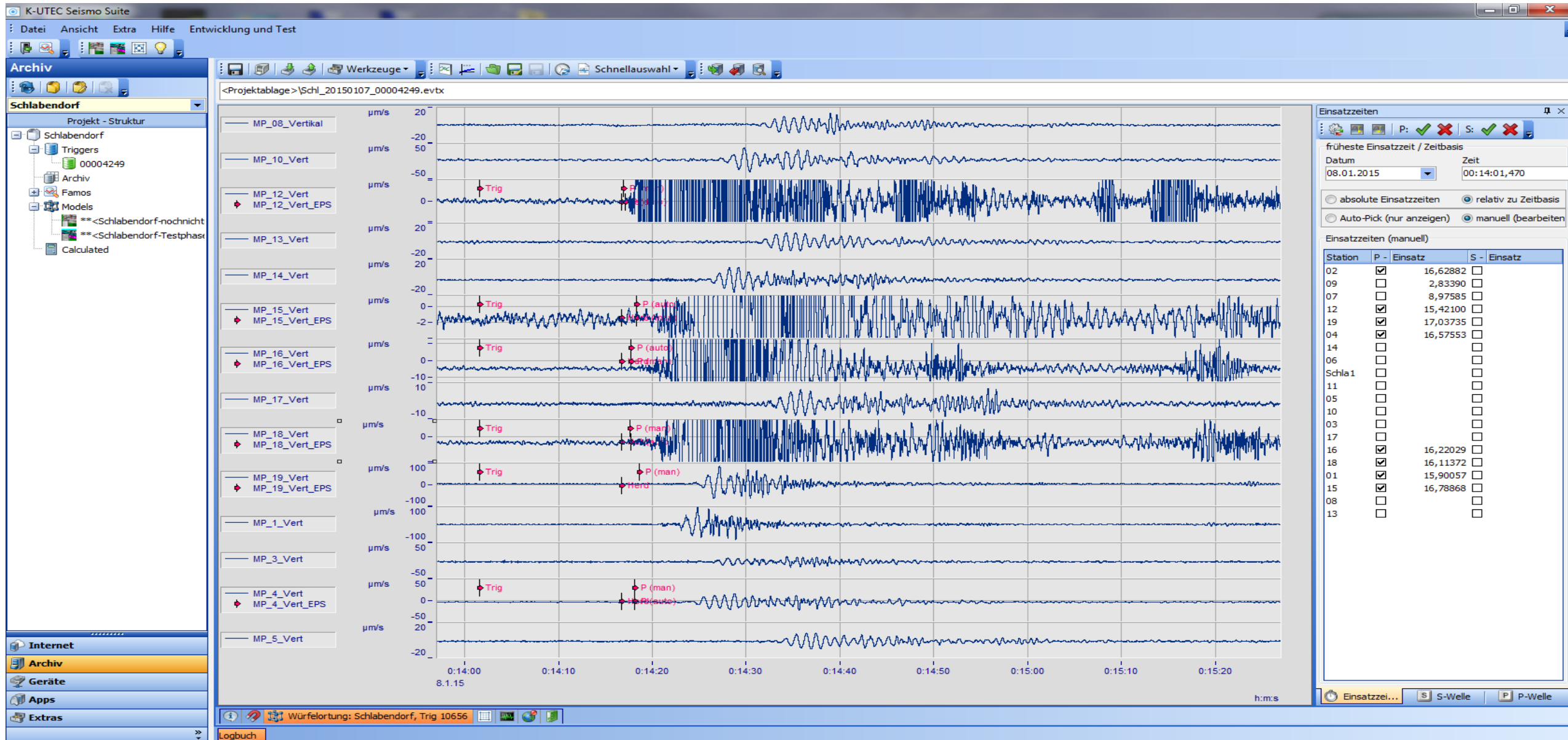
- Aufzeichnen der seismischen Ereignisse
- Lokalisierung (RW, HW, Z –Koordinaten)
- Bestimmung von Magnitude und Energiefreisetzung

Kontrolle, Datenanalyse, Lokalisierung,  
Magnitudenbestimmung, Alarmierung

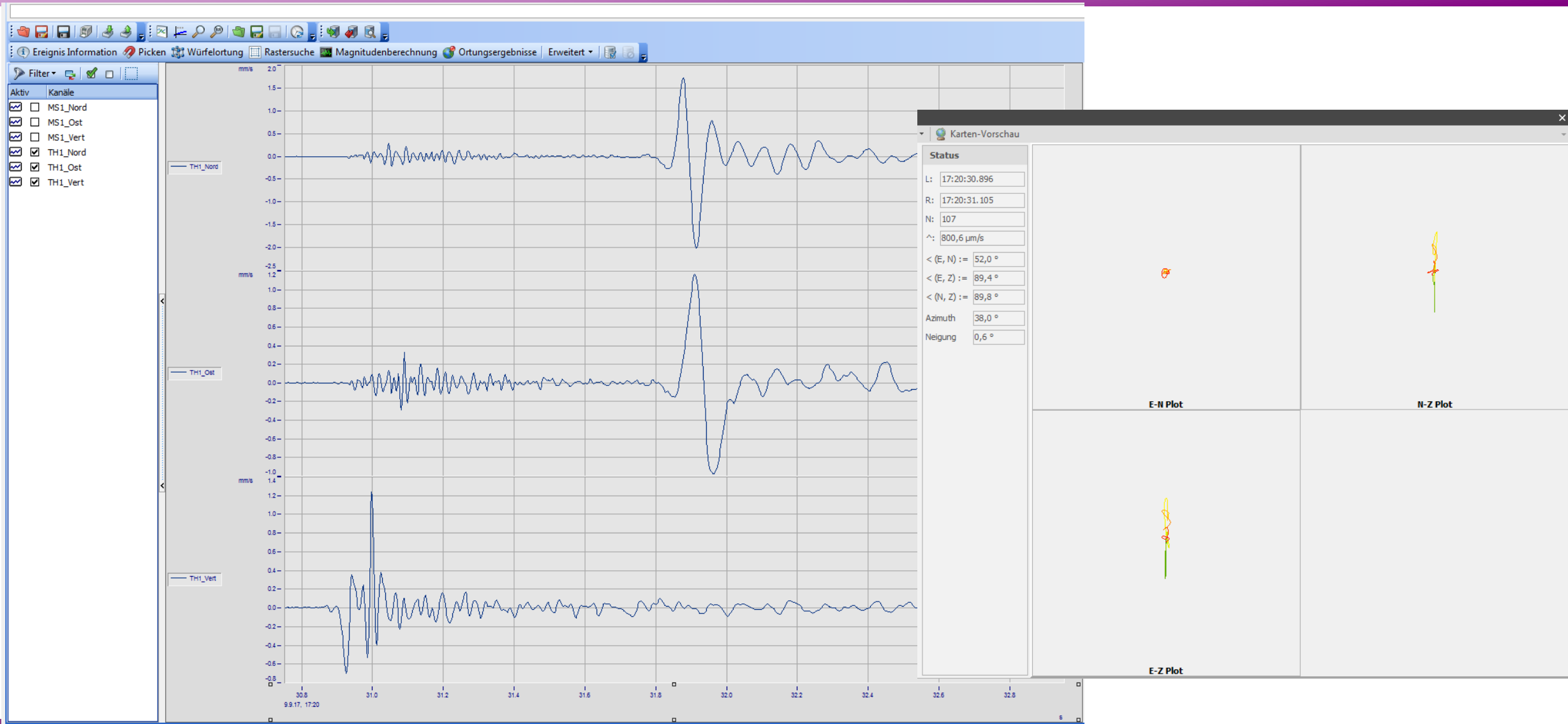




# Technologie

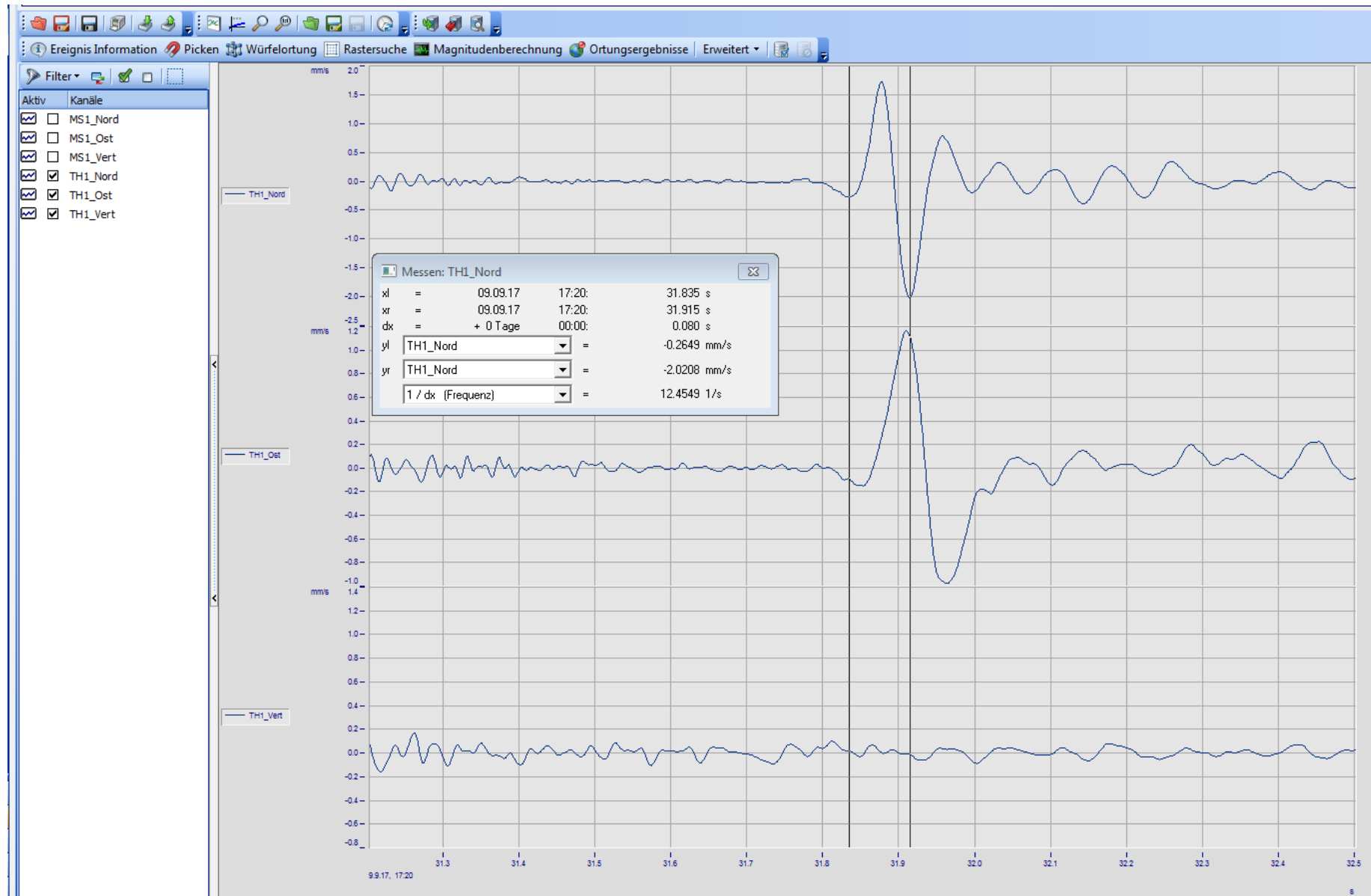


# Beispiel seismisches Ereignis 09.09.2017



# DIN Bewertung: Beispiel seismisches Ereignis 09.09.2017

DIN Bewertung:  
Maximale  
Schwing-  
geschwindigkeit  
am nächsten  
Messpunkt  
 $v = 2,02 \text{ mm/s}$   
(auf der  
Nordkomponente  
bei einer  
Frequenz von  
 $12,5 \text{ Hz}$ )

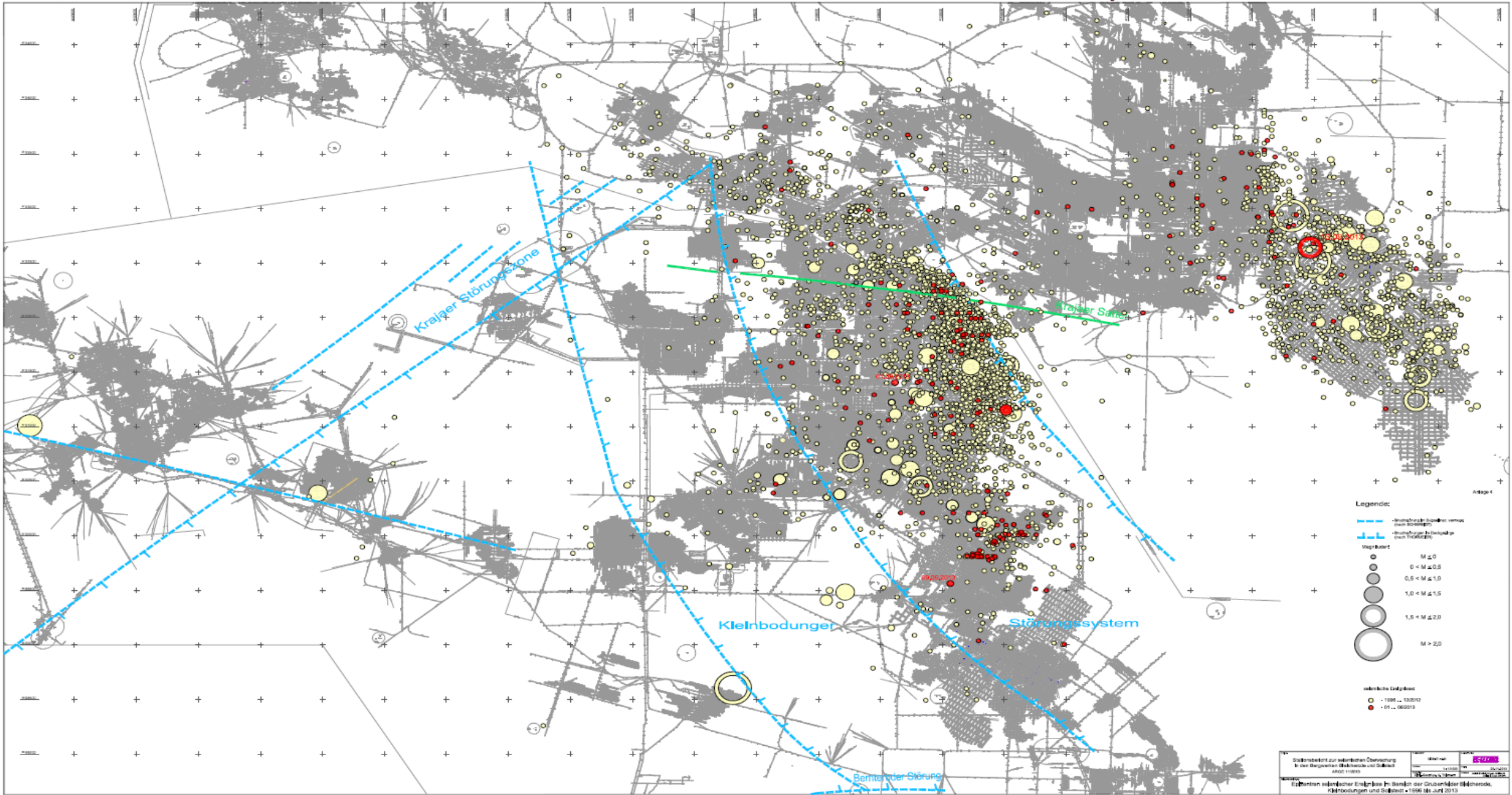


Wir bieten die folgenden Optionen für eine Alarmierung im Falle eine Parameterüberschreitung an:

- Akkustisch und Ampelschaltung
- Alarm-SMS
- Alarmierung per E-mail
- Datei upload per ftp oder z. B. Share&Sync Folder für automatisch prozessierte Daten
- Digitale interfaces und Daten Transfer zu SPS Systemen



- Konzept, Design, Planung und Installation der seismischen Systeme
- Betrieb von seismischen Monitoring Systemen
- Langzeitüberwachung von Parametern
- Ortung seismischer Aktivitäten
- Bewertung von seismischen Ereignissen (z. B. Stärke/Magnitude, usw.)
- Interpretation auf Basis der geologischen und lokalen Gegebenheiten
- Alarmierung nach den Kundenspezifikationen
- Kombination der seismischen Überwachung mit Erschütterungsmessstellen nach DIN4150
- Kombination der seismischen Messungen mit anderen Parametern (Senkungsraten, Porendruck, Levelmessungen, usw.)



- Legende:**
- Störung im System verortet (aus Bohrungen)
  - Bohrungen im System (aus Bohrungen)
  - Maßstab:**
  - $M \leq 0$
  - $0 < M \leq 0,5$
  - $0,5 < M \leq 1,0$
  - $1,0 < M \leq 1,5$
  - $1,5 < M \leq 2,0$
  - $M > 2,0$
  - seismische Erdbeben:**
  - - 1986 - 12/2012
  - - 01 - 06/2013

Störungsnetz zur seismischen Bewertung  
 in der Bergbaubereich (Bergbau und Schicht)  
 1000011

1000012

1000013

1000014

1000015

1000016

1000017

1000018

1000019

1000020

1000021

1000022

1000023

1000024

1000025

1000026

1000027

1000028

1000029

1000030

1000031

1000032

1000033

1000034

1000035

1000036

1000037

1000038

1000039

1000040

1000041

1000042

1000043

1000044

1000045

1000046

1000047

1000048

1000049

1000050

1000051

1000052

1000053

1000054

1000055

1000056

1000057

1000058

1000059

1000060

1000061

1000062

1000063

1000064

1000065

1000066

1000067

1000068

1000069

1000070

1000071

1000072

1000073

1000074

1000075

1000076

1000077

1000078

1000079

1000080

1000081

1000082

1000083

1000084

1000085

1000086

1000087

1000088

1000089

1000090

1000091

1000092

1000093

1000094

1000095

1000096

1000097

1000098

1000099

1000100

1000101

1000102

1000103

1000104

1000105

1000106

1000107

1000108

1000109

1000110

1000111

1000112

1000113

1000114

1000115

1000116

1000117

1000118

1000119

1000120

1000121

1000122

1000123

1000124

1000125

1000126

1000127

1000128

1000129

1000130

1000131

1000132

1000133

1000134

1000135

1000136

1000137

1000138

1000139

1000140

1000141

1000142

1000143

1000144

1000145

1000146

1000147

1000148

1000149

1000150

1000151

1000152

1000153

1000154

1000155

1000156

1000157

1000158

1000159

1000160

1000161

1000162

1000163

1000164

1000165

1000166

1000167

1000168

1000169

1000170

1000171

1000172

1000173

1000174

1000175

1000176

1000177

1000178

1000179

1000180

1000181

1000182

1000183

1000184

1000185

1000186

1000187

1000188

1000189

1000190

1000191

1000192

1000193

1000194

1000195

1000196

1000197

1000198

1000199

1000200

1000201

1000202

1000203

1000204

1000205

1000206

1000207

1000208

1000209

1000210

1000211

1000212

1000213

1000214

1000215

1000216

1000217

1000218

1000219

1000220

1000221

1000222

1000223

1000224

1000225

1000226

1000227

1000228

1000229

1000230

1000231

1000232

1000233

1000234

1000235

1000236

1000237

1000238

1000239

1000240

1000241

1000242

1000243

1000244

1000245

1000246

1000247

1000248

1000249

1000250

1000251

1000252

1000253

1000254

1000255

1000256

1000257

1000258

1000259

1000260

1000261

1000262

1000263

1000264

1000265

1000266

1000267

1000268

1000269

1000270

1000271

1000272

1000273

1000274

1000275

1000276

1000277

1000278

1000279

1000280

1000281

1000282

1000283

1000284

1000285

1000286

1000287

1000288

1000289

1000290

1000291

1000292

1000293

1000294

1000295

1000296

1000297

1000298

1000299

1000300

1000301

1000302

1000303

1000304

1000305

1000306

1000307

1000308

1000309

1000310

1000311

1000312

1000313

1000314

1000315

1000316

1000317

1000318

1000319

1000320

1000321

1000322

1000323

1000324

1000325

1000326

1000327

1000328

1000329

1000330

1000331

1000332

1000333

1000334

1000335

1000336

1000337

1000338

1000339

1000340

1000341

1000342

1000343

1000344

1000345

1000346

1000347

1000348

1000349

1000350

1000351

1000352

1000353

1000354

1000355

1000356

1000357

1000358

1000359

1000360

1000361

1000362

1000363

1000364

1000365

1000366

1000367

1000368

1000369

1000370

1000371

1000372

1000373

1000374

1000375

1000376

1000377

1000378

1000379

1000380

1000381

1000382

1000383

1000384

1000385

1000386

1000387

1000388

1000389

1000390

1000391

1000392

1000393

1000394

1000395

1000396

1000397

1000398

1000399

1000400

1000401

1000402

1000403

1000404

1000405

1000406

1000407

1000408

1000409

1000410

1000411

1000412

1000413

1000414

1000415

1000416

1000417

1000418

1000419

1000420

1000421

1000422

1000423

1000424

1000425

1000426

1000427

1000428

1000429

1000430

1000431

1000432

1000433

1000434

1000435

1000436

1000437

1000438

1000439

1000440

1000441

1000442

1000443

1000444

1000445

1000446

1000447

1000448

1000449

1000450

1000451

1000452

1000453

1000454

1000455

1000456

1000457

1000458

1000459

1000460

1000461

1000462

1000463

1000464

1000465

1000466

1000467

1000468

1000469

1000470

1000471

1000472

1000473

1000474

1000475

1000476

1000477

1000478

1000479

1000480

1000481

1000482

1000483

1000484

1000485

1000486

1000487

1000488

1000489

1000490

1000491

1000492

1000493

1000494

1000495

1000496

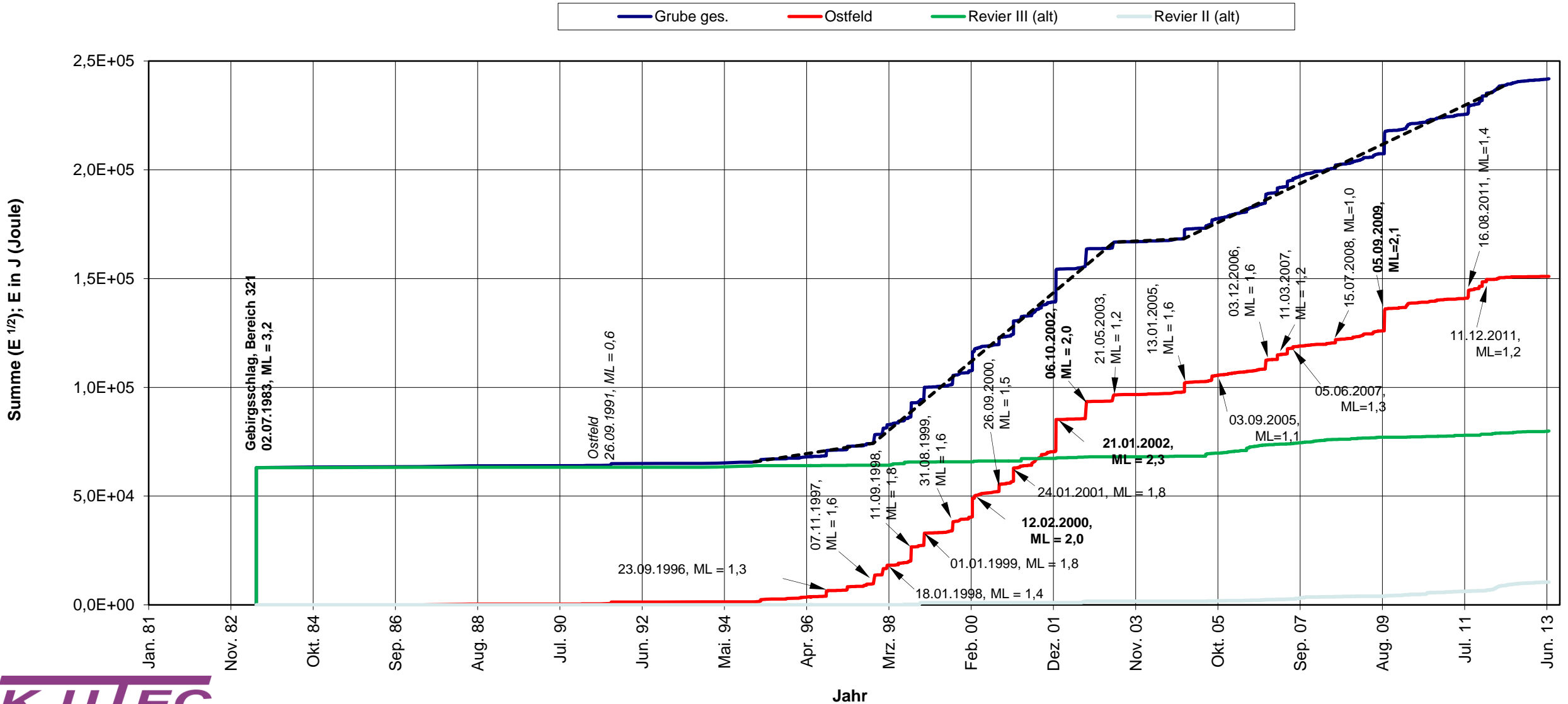
1000497

1000498

1000499

1000500

# Kumulative Spannungsfreisetzung



# Referenzen

- Bischofferode: 21 Stationen
- Bleicherode: 17 Stationen
- Sollstedt: 11 Stationen
- Sondershausen: 16 Stationen
- Volkenroda: 11 Stationen
- Teutschenthal / Angersdorf / Salzmünde: 16 Stationen
- 2 Kavernenfelder mit insgesamt 9 Stationen
- Stetten: 9 Stationen
- Velenje (Slovenia): 8 Sensoren
- K+S Werra (Merkers, U-Bach, Hattdorf, Wintershall): 65 Sensoren
- Morsleben: 24 Stationen
- Boulby ICL (GB) : 19 Sensoren
- esco Bernburg: 8 Stationen
- Nachterstedt: 10 Stationen
- Lausitz: 7 Stationen
- Schlabendorf: 19 Stationen
- AkzoNobel (Netherlands): 10 Stationen
- Poing: 5 Stationen



- Mit geophysikalischen Methoden ist es möglich, vielfältige Informationen über die Grube und das Umfeld zu bekommen
- Wichtig ist zu wissen, was und wo sinnvoll einsetzbar ist
- Es ist möglich, Kosten zu sparen und gleichzeitig ein Mehr an Informationen zu erhalten
- Es ist möglich die Sicherheit der Untertagearbeiten entscheidend zu verbessern (z. B. Firstradar, Seismologie,...)

An aerial photograph of an industrial or commercial facility. The foreground shows several large, white, rectangular buildings with flat roofs, interspersed with green trees and shrubs. A paved parking lot with several cars is visible on the right side. The background is a blurred view of a larger industrial complex with numerous buildings and structures. The text "Danke für Ihre Aufmerksamkeit" is overlaid in the center of the image.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**