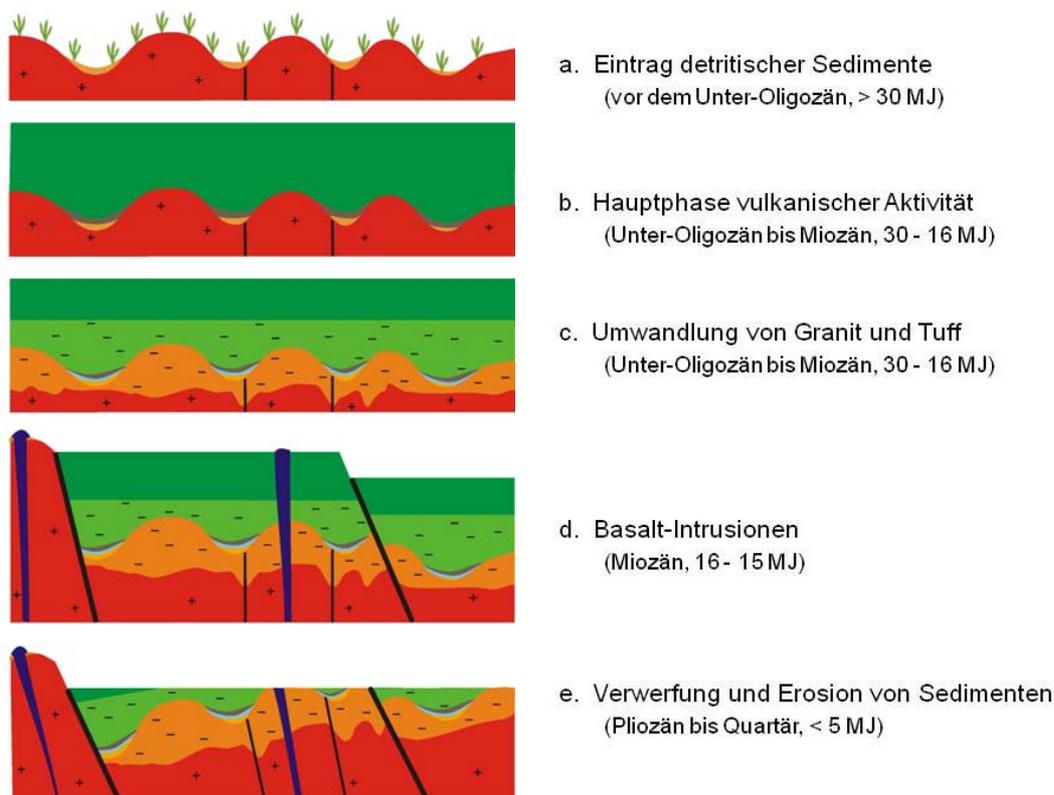


## Geologische Entwicklung am Standort Ruprechtov

Im Rahmen einer bilateralen Zusammenarbeit untersuchen die GRS und das tschechische Kernforschungsinstitut NRI am Standort Ruprechtov (nahe Karlsbad, CZ), im Projekt NATAN (NATürliche ANaloga) die wesentlichen Mobilisierungs- bzw. Immobilisierungsprozesse von Uran, die im Rahmen eine Langzeitsicherheitsanalyse von Bedeutung sind. Die Wahl fiel auf diesen Standort, weil dessen geologische und geochemische Verhältnisse Ähnlichkeiten zu sedimentären Schichtfolgen aufweisen, welche potenzielle Wirtgesteine für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen überlagern. Zum Verständnis solcher Prozesse ist die Kenntnis der geologischen Entwicklung des Standorts unverzichtbar. Die nachfolgend skizzierte Entwicklung fasst dabei die wesentlichen Schritte der in der Animation dargestellten Vorstellungen zur Entwicklung des Standorts Ruprechtov zusammen, die zur gegenwärtigen geologischen Situation und der Uranmineralisierung geführt haben.



**Abbildung** Schematischer Ablauf der geologischen Entwicklung des Standorts Ruprechtov (weitere Erläuterungen im Text; MJ = Millionen Jahre) – nicht maßstabsgetreu

### **a. Eintrag detritischer Sedimente (vor dem Unter-Oligozän, >30 MJ)**

Während dieser Periode war die alte prätertiäre Landschaft von einer granitischen Inselbergstruktur (rot) mit Hügeln und Tälern geprägt. Es existierten nur wenige ältere Verwerfungen. Die Landschaft war von Vegetation bedeckt - in den Tälern dominierten Gräser, Bäume und Sümpfe. Der Eintrag von klastischem Material (hellbraun), darunter auch detritische Uranminerale, erfolgte in Form von Gehängeschutt und/oder über kurze Entfernungen auch durch alluvialen Transport, wodurch sich geringmächtige (im Meter-Bereich) tonig-sandige Schichten ausbildeten. Der Anteil von Uranphasen detritischen Ursprungs macht heute maximal 10 % des gesamten Urangehalts in diesen Schichten aus.

### **b. Hauptphase vulkanischer Aktivität (Unter-Oligozän bis Miozän, 30 - 16 MJ)**

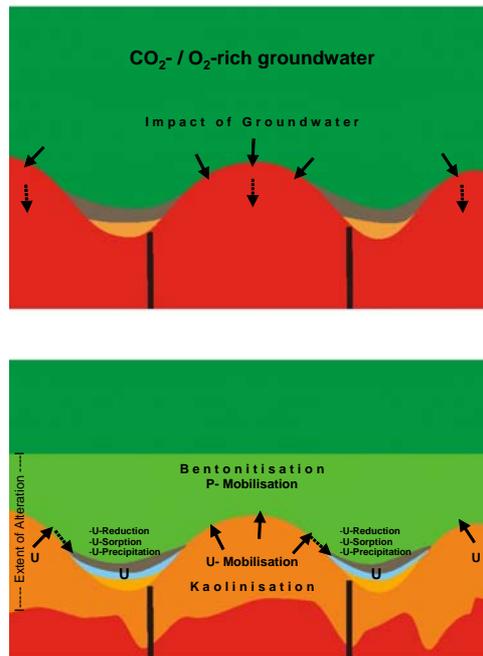
Diese Periode war von einer starken vulkanischen und tektonischen Aktivität gekennzeichnet. Die granitischen Gesteine wurden von einer Ascheschicht vulkanischen Ursprungs (Tuff) überdeckt (grün). Die geschätzte Mächtigkeit dieser Ascheschicht in Ruprechtov beträgt ungefähr 200 m. Die Temperatur des Grundwassers und der Sedimente war zu dieser Zeit etwas erhöht. Die vulkanische Asche vernichtete die Vegetation, was zur Sedimentation organischer Substanz (dunkelbraun) auf der Unterseite der Ascheschicht führte. Die organische Substanz akkumulierte sich dabei in erster Linie in den Tälern.

### **c. Umwandlung von Granit und Tuff (Unter-Oligozän bis Miozän, 30 - 16 MJ)**

Infolge der vulkanischen Aktivität wurden große Mengen  $\text{CO}_2$  freigesetzt und, wahrscheinlich zusammen mit Sauerstoff in der vulkanischen Asche gebunden, sedimentiert. Sehr wahrscheinlich wurde auch noch weiteres  $\text{CO}_2$  über Störungszonen freigesetzt. Diese Prozesse verursachten  $\text{CO}_2$ -reiche Wässer, die in der Lage waren, sowohl das vulkanische Material wie auch den unterlagernden Granit umzuwandeln. Das ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt (= Detail von Schritt c).

Durch die Bentonisierung des Tuffs (hellgrün) bildeten sich Tonminerale. Die Umwandlung des unterlagernden Granits geschah hauptsächlich durch die Reaktion der Feldspäte mit dem  $\text{CO}_2$ -reichen Grundwasser und die Bildung von Kaolinit (orange). Das  $\text{CO}_2$ -reiche Wasser konnte durch die Bildung löslicher  $\text{UO}_2$ -Karbonat-Komplexe auch eine Uranfreisetzung aus akzessorischen Mineralen initiieren. Der Transport durch die Kaolinschichten geschah hauptsächlich durch Diffusion. An der

Grenzschicht zwischen Kaolin und tuffitischen Sedimenten könnte eine höhere hydraulische Durchlässigkeit den advektiven Transport von aus dem Kaolin freigesetztem Uran verstärkt haben. Anreicherungen von Uran (hellblau) traten dann in den tonig-sandigen Sedimenten durch Sorption an organischer Substanz (bereits zu Braunkohle umgewandelt) sowie durch Reduktion zu Uran(IV) und die Ausfällung phosphorhaltiger Minerale auf.



**Abbildung** Schematische Darstellung von Umwandlungsprozessen im Granit und in den tuffitischen Sedimenten)

#### d. Basalt-Intrusionen (Miozän, 16 - 15 MJ)

Basalt-Intrusionen (dunkelblau) in die tertiären Sedimente traten vor etwa 16 - 15 MJ auf und führten zur Kontaktmetamorphose der umgebenden, bereits bentonitisierten bzw. kaolinisierten Gesteine. Zusätzlich könnten die erhöhten Temperaturen auch konvektive Grundwasserströmungen verursacht und damit eine Uranfreisetzung aus tieferen Partien des Granits verstärkt haben. Heute ist der überwiegende Teil des Urans (hellblau) in den tonig-sandig-kohligen Schichten infolge von Sorptionsvorgängen und/oder der Reduzierung von Uran(VI) zu Uran(IV) akkumuliert und zwar bevorzugt an Stellen mit nur geringmächtigem oder sogar fehlendem Kaolin im Liegenden. Ein besonderes Argument für die bedeutende Rolle der Basalt-Intrusionen für die Migration von Uran besteht darin, dass die höchsten Urankonzentrationen sowohl in Ruprechtov als auch am nahe gelegenen Standort

Hajek angetroffen werden, wo auch das Vorkommen von Basalt-Intrusionen am weitesten verbreitet ist. Insbesondere in Hajek waren die Urankonzentrationen so hoch, dass dort nach 1960 für einen begrenzten Zeitraum Uran abgebaut wurde.

**e. Verwerfung und Erosion von Sedimenten (Pliozän bis Quartär, < 5 MJ)**

Das gesamte Gebiet wurde im Rahmen tektonischer Vorgänge (Krustendehnung) an Verwerfungszonen (schwarze Linien) verkippt; große Teile der vulkanischen Schichten wurden durch Erosion abgetragen. Der tiefste Teil des Beckens (140 m) liegt heute in der Nähe der Hauptverwerfung des Erzgebirges.