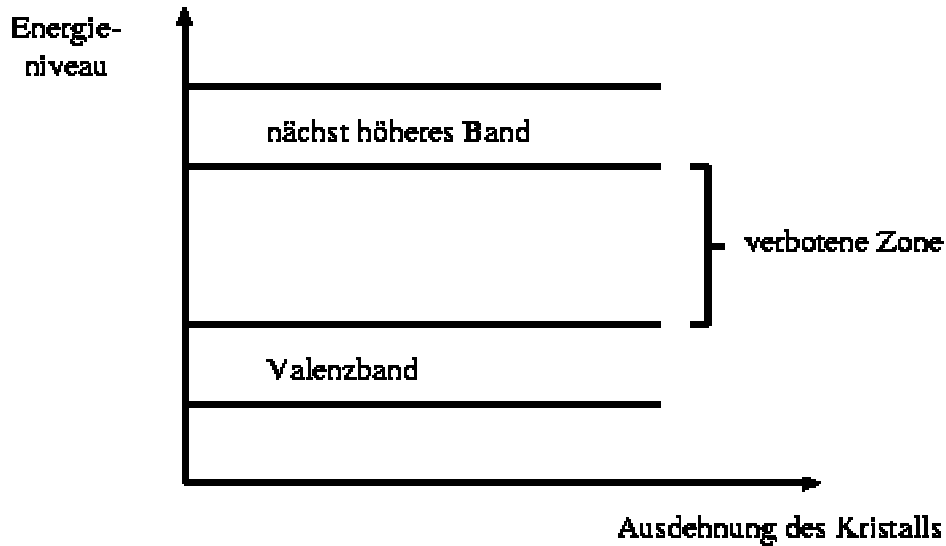


## Halbleiter und Energiebandmodell

### 1. Das Bändermodell

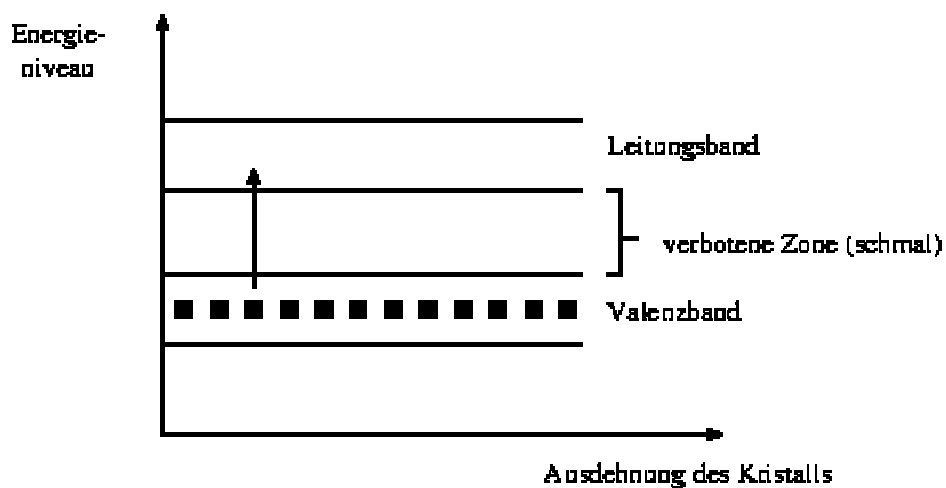
Die Schalen von Atomen in einem Kristall kann man sich auch als Bänder vorstellen, wie es in dem folgenden Modell verdeutlicht werden soll:



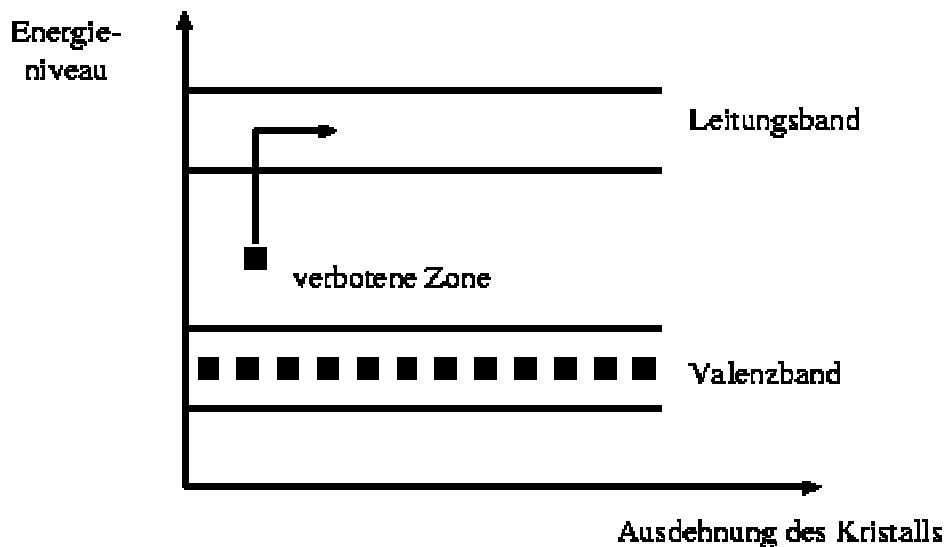
Ein Merkmal für die Leitfähigkeit ist die Breite der verbotenen Zone, je breiter diese Zone ist, um so mehr Energie muß aufgewendet werden, wenn man Elektronen auf eine nächst höhere Stufe befördern will. In der verbotenen Zone kann sich kein Elektron aufhalten.

Bei den *Halbleitern* ist das Valenzband ähnlich wie bei den Isolatoren voll besetzt. Die Elektronen können aber relativ leicht durch Energiezufuhr in das nächst höhere Band (Leitungsband) überführt werden.

Die verbotene Zone ist bei Halbleitern schmal ( $<3\text{eV}$ ). Es können durch thermische oder optische Energiezufuhr einige Elektronen in das Leitungsband gelangen und sich dann frei in dem Kristall bewegen. Gleichzeitig entsteht ein freier Platz (ein Loch), der von einem anderen Elektron eingenommen werden kann und dadurch entsteht wiederum ein neues Loch an einer anderen Stelle. Diese Löcher können also ihre Lage verändern, sie verhalten sich wie frei bewegliche positive Ladungen. Dieses gleichzeitige Erzeugen von freien Elektronen und Löchern nennt man Paarbildung. Springt ein freies Elektron in ein Loch zurück, spricht man von Rekombination. Paarbildung und Rekombination halten sich im Gleichgewicht. Diese Eigenschaft des Halbleiters bewirkt, daß sich seine Leitfähigkeit bereits bei Zimmertemperatur der der Metalle nähert.



Die Halbleiterelemente Germanium und Silizium haben 4 Elektronen in der äußeren Schale. Im Halbleiterkristall bilden jeweils zwei Elektronen benachbarter Atome eine Valenzbindung. Ersetzt man im Kristallgitter eines solchen Halbleiters ein Atom z.B. durch ein Phosphoratom, werden vier der fünf Valenzelektronen für die Valenzbindung zu den vier Nachbarn benötigt. Das fünfte bleibt, da es keine Bindung eingeht, nur schwach an das Fremdatom gebunden. Im Bändermodell erscheint es in der verbotenen Zone knapp unter dem Leitungsband. Es trägt somit zur Erhöhung der Leitfähigkeit bei, da es sehr leicht ins Leitungsband springen kann. Ein so dotierter Halbleiter wird n-dotiert genannt. Das Fremdatom wird auch als Donatoratom bezeichnet.



Der umgekehrte Fall liegt vor, wenn ein dreiwertiges Atom eingebaut wird. Dann fehlt ein Valenzelektron: Es entsteht ein Loch, in das sehr leicht ein anderes Valenzelektron hineinspringen kann. Durch fortgesetztes Einspringen von Elektronen, die wiederum Löcher hinterlassen, können sich also positive Ladungen im Valenzband frei bewegen. Man spricht von einem p-dotierten Halbleiter. Das Fremdatom wird auch als Defektatom bezeichnet.

