



Doctoral Thesis

**Untersuchungen zur Korrosionsbeständigkeit von CU-AL-Legierungen  
die Wirkung des Phosphors als korrosionshemmendes, drittes  
Legierungselement in dem Dreistoffsystem CUAL20P1**

**Author(s):**

Allwardt, Anke

**Publication Date:**

1997

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001816585> →

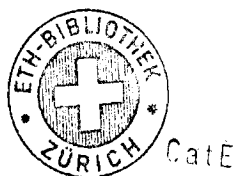
**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**UNTERSUCHUNGEN ZUR KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT  
VON CU-AL-LEGIERUNGEN**

**DIE WIRKUNG DES PHOSPHORS ALS KORROSIONSHEMMENDES,  
DRITTES LEGIERUNGSELEMENT IN DEM DREISTOFFSYSTEM  
CUAL20P1**



**ABHANDLUNG**  
zur Erlangung des Titels  
**DOKTORIN DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN**  
der  
**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE**  
**ZÜRICH**

vorgelegt von  
**ANKE ALLWARDT**  
Dipl. Ing. der Werkstoffwissenschaften  
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Deutschland  
geboren am 23. Oktober 1966  
Nürnberg, Deutschland

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. H. Böhni, Referent  
Prof. Dr. N. Spencer, Korreferent  
Dr. P. A. Isler, Korreferent

## ZUSAMMENFASSUNG

Eine Literaturbetrachtung über Aluminiumbronzen hat gezeigt, dass die Kenntnisse im Bezug auf das Gefüge und die mechanischen Eigenschaften dieser Werkstoffgruppe gross sind. Die Bedeutung der Al-Bronzen gerade im Hinblick auf ihre sehr guten Korrosionseigenschaften spiegelt sich dagegen in der Literatur kaum wieder. Systematische Untersuchungen über den Einfluss einzelner Legierungselemente auf den Aufbau der Oxidschicht und die daraus resultierenden Korrosionseigenschaften fehlen weitestgehend. Die Entwicklung neuer korrosionsbeständiger Legierungen durch gezieltes Zulegieren bestimmter Elemente war daher nicht möglich.

Das gute Korrosionsverhalten der neuentwickelten Legierung  $\text{CuAl}_{20}\text{P}_1$  wurde zum Anlass genommen, die Wirkung des Legierungselementes Phosphor auf die Korrosionseigenschaften von Al-Bronzen genauer zu studieren. Die vorliegende Arbeit hat durch die systematische Betrachtung von Gefüge und Korrosionseigenschaften der Systeme Cu,  $\text{CuP}_x$ ,  $\text{CuAl}_{20}$  und  $\text{CuAl}_{20}\text{P}_x$  einen Einblick in die Wirkung von Aluminium und Phosphor auf die Oxidschichtbildung von Al-Bronzen gegeben. Es konnte ein kritischer P-Gehalt von 1at.-% festgestellt werden. Oberhalb und unterhalb dieses P-Gehaltes nimmt die Korrosionsbeständigkeit wieder ab. Dieses Verhalten konnte aufgrund von XPS-Messungen und elektrochemischen Untersuchungen erklärt und ein Oxidschichtmodell entwickelt werden.

Ogleich noch einige interessante Fragen bezüglich der Wirkung von Phosphor auf die Korrosionseigenschaften von Al-Bronzen offengeblieben sind, kann mit folgenden grundsätzlichen Feststellungen doch ein wichtiger Beitrag zur gezielten Entwicklung von neuen, korrosionsbeständigen Al-Bronzen geleistet werden.

- Die Oxidation von Al und Cu auf blanken Al-Bronzen erfolgt gleichzeitig.
- Al begünstigt die  $\text{Cu}_2\text{O}$ -Bildung, behindert aber in neutraler Umgebung die Bildung von zweiwertigem Kupferoxid.
- P behindert die Bildung von  $\text{Cu}_2\text{O}$  und begünstigt dadurch die Bildung von Aluminiumoxid, was zu Al-reicheren Oxidschichten und damit zu einer besseren Korrosionsbeständigkeit der Legierung führt.

## SUMMARY

The effect of phosphorus on the corrosion resistance of Al-bronzes is studied in detail in this work. A literature review showed that there are a lot of things known about the microstructure and the mechanical properties of Al-bronzes. In spite of their high corrosion resistance the corrosion properties and the structure of the protective oxide films of Al-bronzes were seldom a matter of interest. Systematic studies of the influence of different alloying elements on the oxide film and the corrosion properties are rare. Therefore, it is not possible to predict the corrosion resistance of Al-bronzes, made by alloying particular elements.

The high corrosion resistance of the new alloy  $\text{CuAl}_{20}\text{P}_1$  was the reason to investigate the influence of phosphorus on the corrosion properties of Al-bronzes in more detail. A systematic study of the microstructure and the corrosion properties of Cu,  $\text{CuP}_x$ ,  $\text{CuAl}_{20}$  und  $\text{CuAl}_{20}\text{P}_x$  offers an insight into the effect of aluminium and phosphorus on the formation of the oxide film on Al-bronzes. It was found that there exists a critical amount of 1at.-% of phosphorus. Above and below this amount the corrosion resistance becomes worse. This behaviour could be explained by XPS- and electrochemical measurements.

Although there are still some questions about the influence of phosphorus on the corrosion resistance of Al-bronzes, this work has produced some important results, which in the future may be helpful to develop new high corrosion resistant Al-bronzes more efficiently:

- On a clean surface of Al-bronze, the oxidation of Al and Cu takes place simultaneously.
- Al promotes the formation of  $\text{Cu}_2\text{O}$  but impedes the formation of Cu(II)-oxide/-hydroxide in neutral solutions .
- P impedes the formation of  $\text{Cu}_2\text{O}$  and as a consequence promotes the formation of aluminium oxide. This results in a higher amount of Al in the oxide film on the surface of the alloy, which leads to a better corrosion resistance.